Aus der Abteilung für Phoniatrie und Audiologie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. H. Breuninger
der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten
der Universität Tübingen

UNANGENEHME LAUTHEITSEMPFINDUNGEN NACH STAPEDEKTOMIE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
HERBERT LUNIN
aus Esslingen a. N.

1980

Aus der Abteilung für Phoniatrie und Audiologie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. H. Breuninger
der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten
der Universität Tübingen

UNANGENEHME LAUTHEITSEMPFINDUNGEN NACH STAPEDEKTOMIE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
HERBERT LUNIN
aus Esslingen a. N.

1980

Dekan: Prof. Dr. H. Heimann
Berichterstatter: Prof. Dr. H. Breuninger

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

SOFORTDRUCK H. G. VOGLER TÜBINGEN

meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548919_0079

INHALTSVERZEICHNIS:

Problemerläuterung	
Diverse Untersuchungen	
Mechanische Aspekte	
Zur Funktion des Muskulus Stapedius	
Fragestellung	
Meßmethodik	Seite 1 - 12
Kasuistik	
A. Allgemeines	
B. Spezielle Kasuistik	
C. Zusammenfassende Kasuistik	Seite 13 - 57
Diskussion	Seite 58 - 61
Literaturnachweise	Seite 62 - 64

Problemerläuterung

Von stapedektomierten Patienten wird fast regelmäßig eine abnormale Empfindlichkeit gegen laute Töne und Geräusche angegeben, die bei normalhörenden, gesunden Personen nicht feststellbar ist. Die stapedektomierten Patienten berichten von unangenehmen, oft schmerzhaften Beschwerden, die auftreten, wenn sie den Geräuschbelastungen ausgesetzt sind. Als besonders unangenehm wurde Straßen- und Verkehrslärm, lautes Sprechen, Türschlagen und ähnliches erwähnt. Diese Überempfindlichkeit wird gewöhnlich unmittelbar nach der Operation bemerkt. Einige Patienten empfinden nach der Operation ihre Umweltgeräusche so unangenehm, daß sie selbst den Wunsch äußerten, den alten Zustand wiederherzustellen.
Dem Symptom der Überempfindlichkeit wurden in der Literatur mehrere Namen gegeben: Hyperacusis, Hyperacusis dolorosa, Dysacusis, reduzierte Toleranz, Phonophobie.
Tschiassny führte den Begriff der Phonophobie zur Kennzeichnung dieser Überempfindlichkeit auf Geräuschbelastungen ein. Wir verwenden diesen Begriff ebenfalls.

Die Anwendung des Begriffes "Phonophobie" erscheint für die durch Ausfall des Muskulus Stapedius entstehende Hyperakusis nicht gerechtfertigt. Einerseits hat der Begriff "Phobie" als Zwangsangst und an bestimmte Vorstellungen oder Situationen gebundenes vom Inhalt her grundloses Angstgefühl in der Psychiatrie seinen Platz.

Außerdem wird teilweise der Begriff "Phonophobie" im Sinne von Sprechangst auch für das Stottern eingesetzt.

Der Ausfall der Funktion des Steigbügelmuskels bedingt eine physikalisch oder naturwissenschaftlich nachweisbare Mißempfindung, die eher als Dysakusis oder besser noch als Hyperakusis zu bezeichnen wäre.

Diverse Untersuchungen

Da die Phonophobie auch bei Patienten mit Fazialisparese beobachtet werden kann, wurde sie schon frühzeitig in der Literatur beschrieben. Perekalin (1924) berichtet über eine Überempfindlichkeit gegen Schalleindrücke und Hörverschlechterung für Sprache bei untersuchten Fazialisparesen. Bereits er sah die Nichtfunktion des Musculus Stapedius als mögliche Ursache der Phonophobie an.
Tschiassny (1949) folgerte aus seinen Untersuchungen, daß die Unbehaglichkeitsschwelle bei diesen Patienten erniedrigt ist. Jepsen (1955) zeigt eine Phonophobie bei niederfrequenten Tönen auf. Diese verschwindet bei höheren Frequenzen. Ist die Parese des M.Stapedius aufgehoben, ist eine Phonophobie nicht mehr nachweisbar. Perlmann (1938) weist nach, daß mit einer Tonbelastung von ca. 70 db (HL) das Phänomen der Phonophobie bei Frequenzen bis 2 kHz ausgelöst werden kann.
Durch die weite Verbreitung der Stapeschirurgie konnte dieses Phänomen bei stapedektomierten Patienten beobachtet werden. Melnick (1968) führte Lautheitsuntersuchungen an stapedektomierten Patienten durch. Die Sehne des M.Stap. wurde abgetrennt. Er verglich diese Patienten mit normalhörenden Probanden. Das Zeitintervall zwischen Operation und Untersuchungsteilnahmen variierte zwischen zwei und einundzwanzig Monaten. Er konnte keinen Unterschied bei den Lautheitsuntersuchungen zwischen stapedektomierten und normalhörenden Patienten aufzeigen. Ungefähr ein Drittel der Patienten beschrieb subjektiv eine Phonophobie auf laute Geräusche, die bis ca. einen Monat nach der Operation angehalten hätte. Melnick schließt daraus, daß es irgendeine Änderung im Lautheitsempfinden durch die Durchtrennung der Stapediussehne geben kann. Jedoch wäre bis zum Zeitpunkt der Untersuchung eine Adaptation erfolgt, die Phonophobie somit objektiv nicht mehr feststellbar gewesen. Mathisen (1969) untersuchte 17 Patienten mit klinisch manifester Otosklerose und durchgeführter Stapesplastik. In allen Fällen wurde die Sehne des M.Stap. abgetrennt. Die Patienten wurden in regelmäßigen Abständen nach der Operation untersucht und kontrolliert. Es wurden die Unbehaglichkeitsschwellen zw. 125 und 8000 Hz ermittelt und mit normalhörenden verglichen. Dabei wurden die Patienten bei den Untersuchungen dahingehend instruiert, ein Zeichen zu geben, sobald die Empfindung unangenehm bzw. schmerzhaft

wurde. Die Untersuchung wurde mit Tonimpulsen ansteigender Intensität durchgeführt. Die Unbehaglichkeitsschwellen lagen zwischen 500 und 4000 Hz bei 100 und 105 db (HL). Diese Unbehaglichkeitsschwellen wurden durch die Vergleichsprobanden nicht als störend empfunden. Eine Phonophobie war in diesem Frequenzbereich beobachtbar. In einigen Fällen sogar zwischen 125 und 6000 Hz. Ein Maximum wurde bei 2 kHz erreicht. Bei 8 kHz konnte Mathisen in keinem Fall mehr eine Phonophobie feststellen. Die Phonophobie dauerte in fast allen Fällen 1 bis 3 Monate. 3 Monate nach der Operation konnte er noch bei etwa der Hälfte der Patienten eine Gehörüberempfindlichkeit nachweisen. Nach 6 Monaten hatte sich dieser Anteil auf ca. 30 % verringert. Nach ca. 1 Jahr war bei keinem Patienten eine Phonophobie mehr feststellbar. Mathisen führte die Phonophobie auf einen oder mehrere der folgenden Gründe zurück:

1. Fehlen des Schutzes des Innenohres durch den abgetrennten M.Stap.
2. Veränderungen des Obertragungssystems des Mittelohres durch die Stapedektomie.
3. Eine Reaktion der Cochlea.
4. Der Hemmungsmachanismus im ZNS ist noch nicht wieder voll aktiviert.

Martin u. Beck (1975) untersuchten 32 einseitig wegen Otosklerose stapedektomierte Patienten. Auf dem nicht-operierten Ohr durfte keine klinisch oder tonaudiometrisch faßbare Otosklerose vorliegen. Das Hörvermögen auf dem stapedektomierten Ohr mußte annähernd dem des nicht-operierten entsprechen. Die Sehne des M.Stap. wurde bei dem Eingriff entfernt. Die Unbehaglichkeitsschwelle des stapedektomierten Ohres wurde mit der des nicht-operierten, normalhörenden Ohres verglichen. Bereits bei der Befragung gaben 20 Patienten (62,5 %) eine subjektive Phonophobie auf dem operierten Ohr an. Die Unbehaglichkeitsschwelle wurde auf dem operierten Ohr bei dreißig Patienten (93,8 %), zumindest bei einer Frequenz, um mindestens 5 dB eher erreicht als auf der nicht-operierten Seite. Bei 500, 1000 und 2000 Hz war die Phonophobie auffällig beobachtbar. Beim Vergleich der Unbehaglichkeitsschwelle im Sprachaudiogramm wurde diese auf dem stapedektomierten Ohr bei 25 Patienten (78,1 %) früher als auf dem nicht-operierten Ohr erreicht. Bei keinem Patienten wurde die Unbehaglichkeitsschwelle sowohl im Ton- als auch

im Sprachaudiogramm auf dem normalhörenden Ohr früher registriert. Die Autoren sahen die Heraufsetzung der Unbehaglichkeitsschwelle als Folge der Durchtrennung der Stapediussehne an. Mc Candless und Goering (1974) untersuchten 20 Patienten mit ebenfalls einseitig wegen Otosklerose stapedektomierten Patienten, deren nicht-operiertes Ohr nahezu normal war. Die Hörtests fanden 6 Wochen bis 42 Monate nach der Operation statt. Die Unbehaglichkeitsschwelle wurde als der Punkt definiert, an der der Ton als störend empfunden wird. Wiederum wurde das operierte mit dem nicht-operierten Ohr verglichen. Die Unbehaglichkeitsschwellen waren niedriger als bei Mathisen: 91,6 db (HL) bei 500 Hz und 89,9 dB (HL) bei 2000 Hz auf dem stapedektomierten Ohr. 90,7 dB (HL) bei 500 Hz und 87,5 dB (HL) bei 2000 Hz auf der normalhörenden Seite. Es ergab sich keine deutlich erkennbare Phonophobie. Die unterschiedlichen Zeiträume nach der Operation hatten auf die Unbehaglichkeitsschwellen der einzelnen Patienten anscheinend keinen Einfluß. Jedoch war eine deutliche Phonophobie auf Sprache, mindestens 5 dB, feststellbar. Im Fowler-Test wurden signifikante Lautheitsverschiebungen ermittelt. Der Test war bei 500 Hz bei 17 von 19 Patienten, bei 2000 Hz bei 15 von 18 Patienten und bei Sprache bei 7 von 13 Patienten positiv. Die Lautheitsvergleichsmessungen ließen bei niedrigen Intensitäten keine besonderen Empfindlichkeiten für das operierte Ohr erkennen. Zwischen 60 und 90 dB wurde ein auffälliges Ansteigen der Lautheitswahrnehmung im operierten Ohr beobachtet. Diese Empfindlichkeitserhöhung setzte sich entweder bis zur maximalen Leistung des Audiometers fort, oder, nachdem sie in einem bestimmten Intensitätsbereich überproportional angestiegen war, kehrte zu ihrer Linearität zurück. Sowohl für die ermittelten Meßkurven, als auch beim Vergleich untereinander, konnten die Autoren keine Gesetzmäßigkeit erkennen. Das Sprachverständnisvermögen war bei den stapedektomierten Patienten in einem hohen Anteil reduziert. Bei 7 von 13 Patienten belief sich das Sprachverständnisvermögen auf weniger als 80 %, davon bei 5 Patienten sogar auf weniger als 50 %. Das Verständnisvermögen verschlechterte sich immer drastisch zwischen 80 und 90 dB. Auf der gesunden Gehörseite betrug das Verständnisvermögen bei allen Intensitäten mindestens 80 %. Die Autoren weisen auf die beträchtlich variierenden Meßergebnisse zwischen den einzelnen Versuchspersonen hin und betonen die fehlende Regel- bzw. Gesetzmäßigkeit.

Lidén et alii (1964) berichten von stapedektomierten Patienten, die eine Oberempfindlichkeit angeben und Probleme beim Verstehen von Wörtern haben. Es wurde ebenfalls das Sprachverständnisvermögen dieser Patienten untersucht. Bei einem Hintergrundgeräusch, welches aus einem tiefpaßgefilterten weißen Rauschen mit einer Grenzfrequenz von 500 Hz bestand, hörten stapedektomierte Patienten durch einen Kopfhörer einsilbige schwedische Worte. Beim Vergleich der stapedektomierten mit der nicht-operierten Seite ergab sich bei 76 % der Patienten eine Verschlechterung des Sprachverständnisses. Bei den Patienten, bei denen die Stapediussehne nach der Operationsmethode von Herberts erhalten wurde, konnte eine Verschlechterung bei 60 % der Patienten festgestellt werden. Beim prä-postoperativen Vergleich zeigten 65 % der Patienten mit entfernter Sehne ein schlechteres Verständnisvermögen; bei erhaltener Sehne 36 %. Die Ergebnisse wurden einen Monat nach der Operation aufgezeichnet. Lidén wies auf die Hochpaßfilterung durch den M.Stap. hin. Er forderte, daß wenn immer möglich, die Sehne des Muskels und damit die Funktion erhalten werden sollte. Steffen et alii (1963) belasteten 12 einseitig stapedektomierte Patienten sowohl auf der stapedektomierten als auch auf der gesunden Seite 15 Minuten mit einem Geräusch von 300 bis 1200 Hz bei 90 dB (SPL). Die Gehörbeeinträchtigung betrug auf beiden Seiten weniger als 10 dB. Es ergab sich auf der operierten Seite eine größere zeitliche Hörschwellenänderung (tempory threshold shift: TTS). Die maximale zeitliche Hörschwellenänderung lag nach fünfminütiger Belastung bei 1000 und 1500 Hz. Nach weiterer zehnminütiger Belastung bei 1500 und 3000 Hz. Die Patienten empfanden die Geräuschbelastung auf der stapedektomierten Seite lauter und schärfer. Im Fowler-Test, der bei 2 Patienten durchgeführt wurde, zeigte sich ein Unterschied der Lautheit bis 10 dB. Die Messungen wurden mindestens 6 Monate nach der Operation durchgeführt. Zakrisson et alii (1975) unternahmen an 18 Patienten mit Fazialisparese und gleichzeitiger einseitiger Stapediusmuskellähmung mehrere Untersuchungen mit Schmalbandgeräuschbelastung (Bandbreite 300 Hz). Nach Beschallung mit einem Schmalbandgeräusch mit Mittenfrequenz 500 Hz und Pegeln im Bereich von 90 bis 120 dB (SPL) resultierte bei 0,75 kHz in dem angegriffenen Ohr im Vergleich zu dem normalen Ohr eine signifikant größere zeitliche Hörschwellenänderung, mit Unterschieden bis zu etwa 20 dB. Dagegen zeigte sich nach Belastung mit einem Schmalbandge-

räusch mit 2,0 kHz Mittenfrequenz bei 3,0 kHz kein Unterschied im TTS zwischen dem angegriffenen und dem normalen Ohr. Ferris (1965, 1967) verglich 12 erfolgreich operierte Stapespatienten mit 12 normalhörenden Personen. Die Probanden wurden für zehn Minuten Industrielärm von 100 dB (SPL) ausgesetzt. TTS wurde für 4000 Hz mit einem Dauerton bzw. mit einem Impulston von 2 Impulsen pro Sekunde ermittelt. Bei Anwendung des Impulstones wurde die zeitliche Hörschwellenänderung nach 0,5, 1, 2, 5 und 10 Minuten nach Geräuschbelastung ermittelt. Bei den stapedektomierten Patienten ergab sich eine kleinere, nicht eine größere, zeitliche Hörschwellenänderung gegenüber den normalhörenden Patienten. Petrova und Rozenblyum (1973) untersuchten Otosklerosepatienten vor und nach Stapesplastik mit dem Sisi-Test. Die Autoren unterschieden Tympanal- und Mischformen der Otosklerose. Die Empfindlichkeit gegenüber Zunahmen der Tonintensität wurde vor der Operation und 15 - 20 Tage nach der Operation bestimmt. Die Stapesoperation verbesserte das Gehör vor allem der niedrigen Frequenzen. Bei hohen Frequenzen wurde nur eine geringe Gehörverbesserung erzielt. Bei Patienten mit Tympanalform der Otosklerose zeigten vor der Operation 15 von 118 Messungen Sisi größer als 50 %. Nach der Operation überschritt der Sisi-Test bei 40 von 115 Messungen 50 %, bei 29 davon im operierten Ohr. Bei den Patienten mit Mischform überstieg vor der Operation der Sisi-Test bei 31 von 86 Messungen 50 %. Nach der Operation bei 43 von 75 Messungen. Besonders deutlich wurde die Erhöhung im Sisi-Test bei hohen Frequenzen: 60 % bei 2000 Hz, 75 % bei 4000 Hz. Nach der Operation wurde diese Erhöhung auch im nicht-operierten Ohr beobachtet, aber nur für die Frequenz 4000 Hz. Der Sisi-Test schwankte bei den untersuchten Patienten vor der Operation zwischen 10 und 25 % in Abhängigkeit von der Frequenz. Nach der Operation erhöhte sich diese Prozentzahl im operierten Ohr auf 35 - 50 %. Die Erhöhung zeigte sich deutlicher auf den Frequenzen 2000 und 4000 Hz. Die Autoren führen letzteres auf den ungünstigen Einfluß zurück, den die Operation auf die Basalwindung hervorgerufen hat. Die Intensitätsunterschiesschwelle schwankte zwischen 1,0 und 2,5 dB bei 20 dB (HL). In keinem einzigen Fall zeigte die Intensitätsunterschiedsschwelle deutliche Veränderungen nach der Stapesoperation. Meuser (1977) berichtet von einem interessanten klinischen Fall. Bei einer 46jährigen Patientin wurde eine Schalleitungsschwerhörigkeit durch verknöcherte Stapediussehnen

verursacht. Nach Durchtrennung der Sehnen, das Innenohr wurde nicht traumatisiert, traten für 14 Tage die Symptome einer Phonophobie auf.

Mechanische Aspekte

Untersuchungen über das Schwingungsverhalten der Gehörknöchelchen liegen seit Ende der dreißiger Jahre vor. Durch diese Untersuchungen gilt es heutzutage als gesichert, daß im Bereich physiologischer Lautstärken Hammer und Amboß als Ganzes schwingen. Die Schwingungen des Steigbügels unterscheidet sich davon. Dahmann (1929) und Wanderer (1953) fanden an der Fußplatte einen sehr komplizierten Bewegungsablauf, der durch eine unterschiedliche Elastizität des Ringbandes zumindest teilweise zu erklären ist. Cancura (1975, 1976) führte in diesem Zusammenhang Phasenmessungen am menschlichen Schläfenbeinpräparat durch. Die Versuche zeigten ein stark frequenzabhängiges Schwingungsverhalten des Gehörknöchelchenapparates: Während im Tief- und Mitteltonbereich alle Gehörknöchelchen einheitlich schwingen, kann der Stapes im Hochtonbereich den Schwingungen von Hammer und Amboß offensichtlich nicht mehr exakt folgen. Es hatte den Anschein, als ob Hammer und Amboß den Steigbügel zu selbständigen Schwingungen anstößt. Es kommt im Hochtonbereich in der Regel zu deutlichen Phasenverschiebungen und Amplitudenmodulationen. Diese Messungen wurden von Cancura auch an menschlichen Schläfenbeinpräparaten durchgeführt, bei denen der Stapes durch eine Steigbügelprothese ersetzt wurde. Es wurden Prothesen nach den Operationsmethoden von Zangemeister, Shea und Schuknecht eingesetzt. Es war ein beachtlicher Übertragungsverlust im Hochtonbereich festzustellen, wobei der Unterschied zum normalen Steigbügel beträchtlich wird. Tiefe Frequenzen wurden dagegen durchwegs fast genauso gut wie über den Steigbügel zum Innenohr geleitet. Die angewendeten Operationsmethoden ließen im Tief- und Mitteltonbereich keine signifikanten Unterschiede erkennen. Die optimale Schwingungsübertragung wird aber beeinflußt, wenn das Implantat oder die Drahtschlinge in der Lage geringfügig verändert wird. Cottle und Tonndorf (1966), die bei Katzen Prothesen zwischen Amboß und intakter Fußplatte einsetzten, wiesen unter anderem ebenfalls daraufhin, daß es zu einem Übertragungsverlust bei höheren Frequenzen kommt, wenn die Prothese nicht in der Zentrik eingesetzt wird. Veränderungen der Masse, innerhalb des physiologischen Rahmens, bewirken nur geringe Effekte. Die paßgenaue Länge hingegen ist von nicht zu unterschätzender Bedeutsamkeit.

Zur Funktion des Muskulus Stapedius

Die Kontraktionen der Mittelohrmuskeln sind des öfteren Gegenstand breiter Untersuchungen gewesen. Ihre physiologische Bedeutung ist aber immer noch nicht vollständig erkannt worden. Als gesichert kann angenommen werden, daß die Übertragungsleistung von den Mittelohrmuskeln vermindert wird. Die Frequenzen bis ca. 1 kHz werden deutlich reduziert. Auf hohe Frequenzen haben die Mittelohrmuskeln höchstwahrscheinlich nur geringen Einfluß. Niedere Frequenzen können aber leicht höhere Frequenzen maskieren. Die selektive Verminderung der Übertragungsleistung niederfrequenter Töne reduziert daher ihren Maskierungseffekt und verbessert das Hören von Tönen höherer Frequenzen. Borg und Zakrisson (1974) untersuchten Patienten mit einseitiger totaler peripherer Stapediuslähmung. Es wurde die Größe der Verdeckung durch niederfrequentes Schmalbandrauschen bestimmt. Die Messungen wurden sowohl an dem Ohr mit Stapediuslähmung als auch an dem Ohr mit normalem Stapediusreflex durchgeführt. Unterhalb der Reflexschwelle war die Größe der Verdeckung in beiden Ohren die gleiche. Oberhalb war die Verdeckung in dem Ohr mit Stapediuslähmung durchgehend größer. Der Unterschied war signifikant für hohe Frequenzen von 6 bis 8 kHz und konnte dort bis zu 50 dB betragen. Borg (1968) bestimmte bei Bellschen Paresen Impedanzveränderungen durch Reizung mit niederen und höheren Frequenzen. Ein 500 Hz Tonstimulus von einer Stärke von 20 dB oberhalb der Reflexschwelle wurde um 10 bis 15 dB gedämpft, während ein Ton von 1450 Hz von 16 dB oberhalb der Reflexschwelle nur um 0 bis 6 dB gedämpft wurde. Für höhere Frequenzen von 2 bis 3 kHz war praktisch keine Dämpfung feststellbar. Entsprechend diesen Ergebnissen arbeitet der Reflex als perfekter Regulator. Die Reizung der Cochlea bei höheren Intensitäten bleibt für niedere Frequenzen konstant. Borg vermutet, daß bis zu 20 dB oberhalb der Reflexschwelle die erhöhte Steifheit der Gehörknöchelchenkette für den dämpfenden Effekt verantwortlich ist, wohingegen bei höheren Frequenzen ein anderes Phänomen hinzukommen muß. Er vermutet unter anderem, daß der Stapes seine Rotationsachse ändert, so daß die Verschiebung der Perilymphe vermindert wird. Wie von Breuninger und Sesterhenn (1978) gezeigt, reduziert der M.Stap. die Schallübertragung zum Innenohr frequenzabhängig bei hohen Intensitäten. Der größte begrenzte Effekt wurde zwischen 500 und 1000 Hz mit 15 bis

25 dB beobachtet. Infolgedessen ist der dämpfende Mechanismus im Bereich, in dem die menschl. Stimme am lautesten ist, am effektivsten. Durch die Impedanzänderung beträgt die Dämpfung von schwellennähen Pegeln bis 70 dB (HL) nur etwa 2 dB im Bereich unter 1 kHz. Oberhalb der 70 dB (HL) erhöht sich die Dämpfung erheblich und kann bei 130 dB (SPL) bis 30 dB betragen. Eine Veränderung der Schwingungsform des Stapes bei hohen Schalldrucken wird vermutet.

Fragestellung

Bei der Stapedektomie wird nach der Operationsmethode von Schuknecht die Sehne des M. Stap. abgetrennt. Damit ist der Muskel funktionslos und kann seine Schutzfunktion nicht mehr ausüben. Der M. Stap. vermindert die Schallübertragung zum Innenohr frequenzabhängig bei hohen Intensitäten. Dabei soll sich bei hohen Schalldrucken die Schwingungsform des Steigbügels verändern. Dementsprechend müßten sich bei stapedektomierten Patienten Veränderungen aufzeigen lassen. Ein unterschiedliches Lautheitsempfinden, eine erhöhte Verdeckung und eventuell eine veränderte Frequenzunterschiedsschwelle wird bei stapedektomierten Patienten vermutet. Ziel unserer Untersuchung ist es dieses aufzuzeigen.
Die Untersuchung wurde an einseitig stapedektomierten Patienten durch Rechts-Links-Vergleich durchgeführt. Auf der nicht-operierten Seite durfte keine signifikante Schalleitungsstörung vorhanden sein. Die Messungen wurden innerhalb von 7 Tagen nach der Operation, unmittelbar nach Ziehen der Tamponade, durchgeführt. Da, wie von verschiedenen Autoren mehrfach betont, zu erwarten ist, daß die Ergebnisse zwischen den einzelnen Versuchspersonen beträchtlich variieren werden, wird eine Falluntersuchung vorgenommen.

Meßmethodik

a) Lautheitsempfindung

Es wurde die Lautheitsempfindung durch den abwechselnd binauralen Lautheits-Balance-Test nach Fowler ermittelt. Wir verwenden das Audiometer "Phillips HP 8741/30". Die Messungen wurden mit verschiedenen Frequenzen und Intensitäten durchgeführt. Die verwendeten Intensitäten wurden bis zur Unbehaglichkeitsschwelle gesteigert. Die höchste Intensitäten entsprechen somit den Unbehaglichkeitsschwellen. Der Fowlertest wird als positiv bezeichnet, wenn das Rekruitment mindestens 5 dB beträgt.

b) Verdeckungsmessungen

Zu einem Sinuston als Störton oder zu einem Schmalbandrauschen mit Bandbreite 30 Hz wurde ein Prüfton unterschiedlicher Frequenz eingespielt. Die Intensität wurde so lange erhöht, bis der Proband den Prüfton vernahm. Wir strebten an, die Messungen mit einem Störton von 500 Hz und der Intensität 80 dB vorzunehmen. Auf Grund der Phonophobie war das nicht bei allen Patienten möglich und wir mußten entsprechende Modifikationen vornehmen. Bei den Messungen mit Sinustönen treten bekanntlich Differenztöne als Folge der Nichtlinearität des menschlichen Gehörs auf. Diese Differenztöne können die Meßtöne dahingehend verfälschen, daß der Proband den Differenzton früher wahrnimmt als den eigentlichen Prüfton.

c) Frequenzselektionsvermögen

Wir führten einen Frequenzunterschiedsschwellentest durch. Bei Meßtönen von 500 bzw. 1000 Hz und der Intensität von 50 dB (SL) wurde mit 4 Hz frequenzmoduliert. Der eben wahrnehmbare Frequenzhub f galt als Frequenzunterschiedsschwelle. Bei 2 Patienten verwendeten wir die Intensität 70 dB (SL).

Kasuistik

A. Allgemeines

Die Untersuchung wurde an einseitig wegen Otosklerose stapedektomierten Patienten durchgeführt. Bei allen Patienten wurde die Stapedektomieoperation nach der Methode von Schuknecht vorgenommen: enaurale Eröffnung, Bindegewebsentnahme, Bildung eines tympano-meatalen Lappens, Durchtrennung der Stapediussehne und des Amboßsteigbügelgelenkes, Frakturierung der Stapesschenkel, Entnahme der hinteren zwei Drittel der Fußplatte, Einsetzen einer Bindegewebsstahldrahtprothese nach Schuknecht. Auf operative Modifikationen bzw. diverse Komplikationen wird speziell hingewiesen. Die Stapedektomieoperationen wurden von verschiedenen Chirurgen an der Hals-Nasen-Ohrenklinik in Tübingen durchgeführt.

Erläuterung der Diagramme:

a.) Es wurden die Hörschwellen beider Ohren im Audiogramm aufgezeichnet. Für das stapedektomierte Ohr wurde die präoperative und die postoperative Hörschwelle ermittelt. Die prä- und postoperativen Stapediusreflexschwellen (SR) konnten nicht bei allen Patienten ermittelt werden.

b.) - c.) Die Ergebnisse des Fowler-Tests werden graphisch zweifach dargestellt. Im Koordinatensystem bildet die Abszisse das stapedektomierte Testohr, die Ordinate das Vergleichsohr auf der gesunden Seite. Ein Rekruitment zeigt sich als Gerade mit der Steigung größer als Eins. Im zweiten Diagramm wird das stapedektomierte Ohr (s) mit dem normalhörendem Ohr (n) verglichen.

d.) Die durchgeführte Verdeckungsmessung wird graphisch dargestellt. Die Verdeckungskurve für das stapedektomierte Ohr (s), für das normalhörende Ohr (n), sowie die um die Hörschwelle korrigierten Verdeckungskurven (s' und n') sind eingezeichnet.

B. Spezielle Kasuistik

1. Fall

39jährige Patientin mit durchgeführter Stapedektomie links.
Die Patientin gab an, daß sie seit ca. 7 Jahren unter Ohrensausen des linken Ohres leidet. Seit zwei Jahren war ihr eine deutliche Hörminderung links aufgefallen. Es wurde die übliche Schuknecht-Stapedektomie durchgeführt. Die Messungen wurden nach Ziehung der Tamponade vorgenommen.

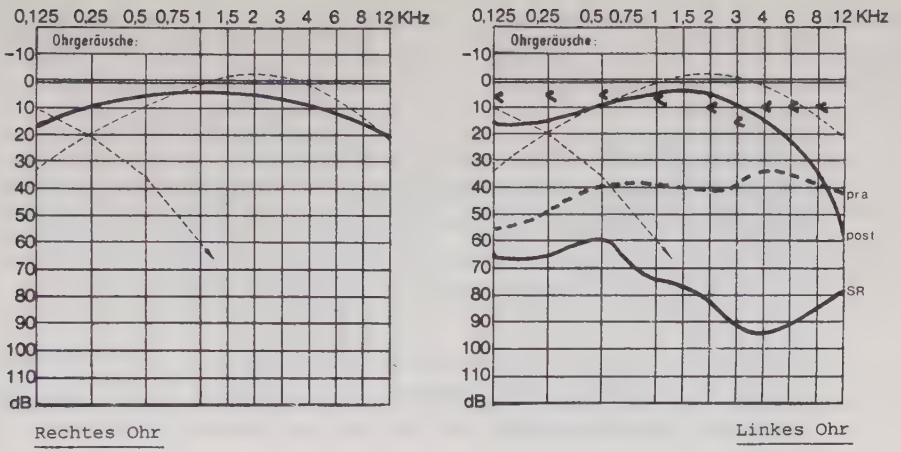
Die Hörschwellen beider Ohren unterscheiden sich postoperativ bis 3 kHz nur geringfügig. Ab 3 kHz erkennt man auf dem operierten Ohr einen deutlichen Abfall der Hörschwelle. SR ist deutlich vermindert, was bereits einen Hinweis auf ein Rekruitment gibt. SR beträgt für 500 Hz 50 dB (SL), für 1000 Hz 70 dB (SL).

Der Fowler-Test ist für 500 und 1000 Hz positiv. Das Rekruitment beträgt bei 500 Hz für höchste Intensitäten 17 dB, bei 100 Hz 7 dB. Die Unbehaglichkeitsschwellen sind erniedrigt. Sie betragen bei 500 bzw. 1000 Hz auf der stapedektomierten Seite 80 bzw. 95 dB (HL), auf der nicht operierten Seite 95 bzw. 105 dB (HL).

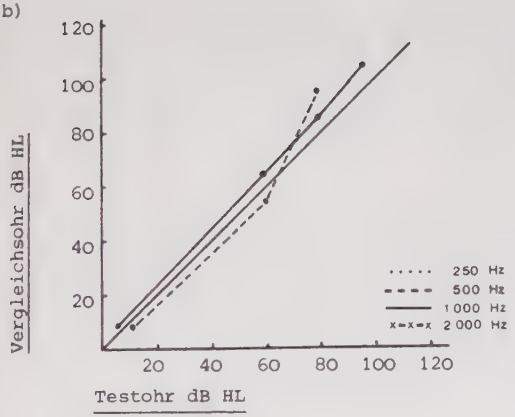
Die Verdeckungsmessung wurde mit einem Sinuston von 500 Hz und der Intensität 80 dB durchgeführt. Für das stapedektomierte Ohr zeigt sich oberhalb 1 kHz eine deutlich erhöhte Verdeckungskurve.

Ein Frequenzunterschiedsschwellentest wurde nicht durchgeführt.

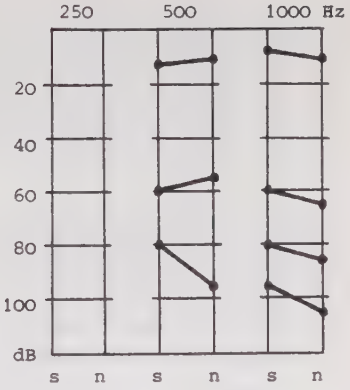
a)


0,125 0,25 0,5 0,75 1 1,5 2 3 4 6 8 12 KHz
Ohrgeräusche:
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
dB
Rechtes Ohr
0,125 0,25 0,5 0,75 1 1,5 2 3 4 6 8 12 KHz
Ohrgeräusche:
pra
post
SR
Linkes Ohr

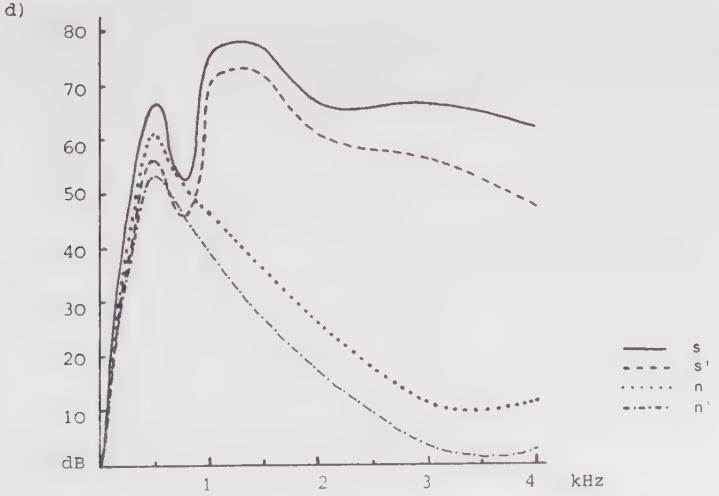
b)


Vergleichsohr dB HL
120
100
80
60
40
20
250 Hz
500 Hz
1000 Hz
x-x-x 2000 Hz
20 40 60 80 100 120
Testohr dB HL

c)


250
500
1000 Hz
20
40
60
80
100
dB
s n s n s n

d)


80
70
60
50
40
30
20
10
dB
1
2
3
4
kHz
s
s'
n
n'

2. Fall

38jährige Patientin, Stapedektomie links.
Die Patientin gab eine zunehmende Hörbeeinträchtigung links mit zeitweiligem Ohrensausen an. Nach Entfernung von vier Fünfteln der Fußplatte wurde eine Schuknecht-Stahldrahtbindegewebsprothese eingesetzt. Die Messungen wurden nach Ziehung der Tamponade durchgeführt.

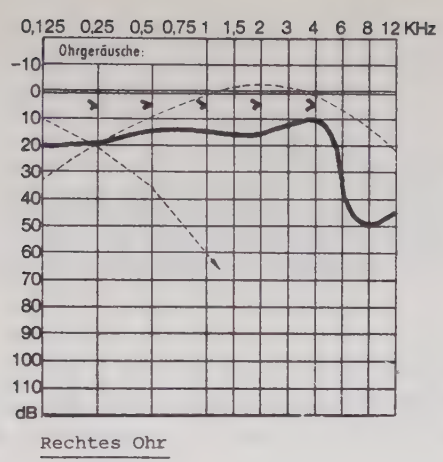
Die Hörschwellenkurven werden im Audiogramm dargestellt. Das Hörvermögen auf dem operierten Ohr sinkt oberhalb 1000 Hz deutlich ab. Der Stapediusreflex ist im prä-postoperativen Vergleich bei 500 Hz um 40 dB, bei 1000 Hz um 25 dB abgesunken.

Der Fowler-Test ist bei 500 und 1000 Hz positiv. Das Rekruitment beträgt bei höchsten Intensitäten bei 500 Hz 25 dB, bei 1000 Hz 13 dB. Die Unbehaglichkeitsschwellen sind dementsprechend erniedrigt: auf dem stapedektomierten Ohr bei 500 Hz 70 dB (HL) und bei 1000 Hz 80 dB (HL), auf der nicht-operierten Seite bei diesen Frequenzen jeweils 100 dB (HL).

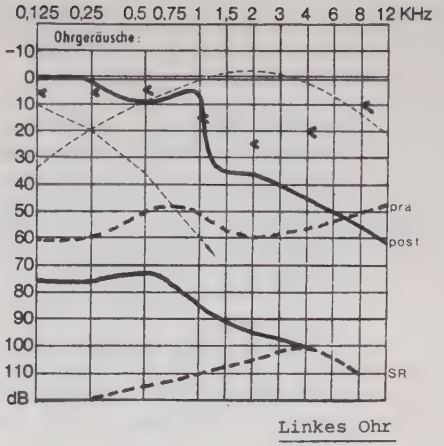
Die Verdeckungsmessung wurde mit 500 Hz und der Intensität 80 dB durchgeführt. Da auf dem linken, stapedektomierten Ohr eine starke Phonophobie bestand, konnte auf diesem Ohr nur mit der Intensität 70 dB gearbeitet werden. Im Bereich zwischen 1 und 3 kHz zeigt sich für das stapedektomierte Ohr eine erhöhte Verdeckungskurve. Auch die korrigierte Verdekkungskurve s' zeigt zu n' eine leicht erhöhte Verdeckungskurve.

Ein Frequenzunterschiedsschwellentest mit der Frequenz 500 Hz und der Intensität 70 dB (SL) ergab eine Frequenzschwelle von 1 Hz auf beiden Ohren. Die Patientin hört nach subjektiven Angaben links deutlicher als rechts.

a)

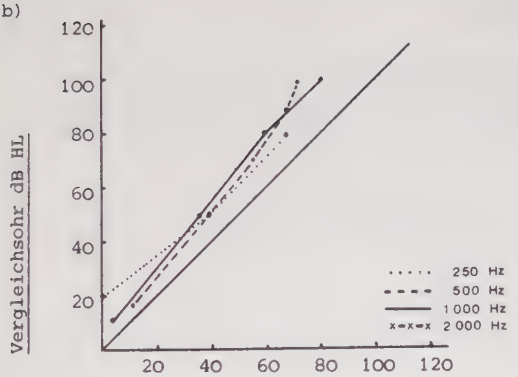


Rechtes Ohr

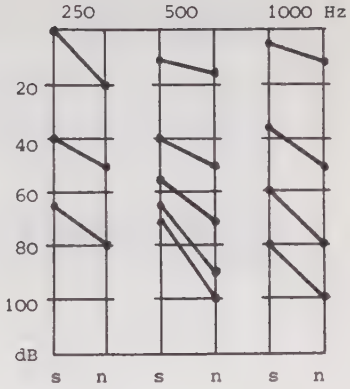


Linkes Ohr

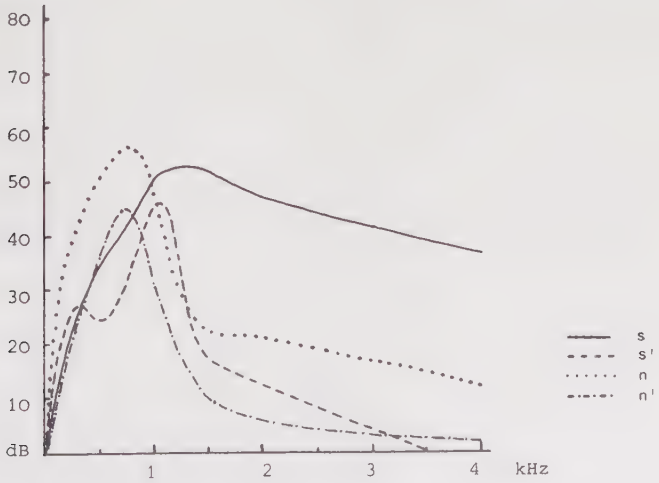
b)



c)



d)



3. Fall

40jähriger Patient, Stapedektomie links.

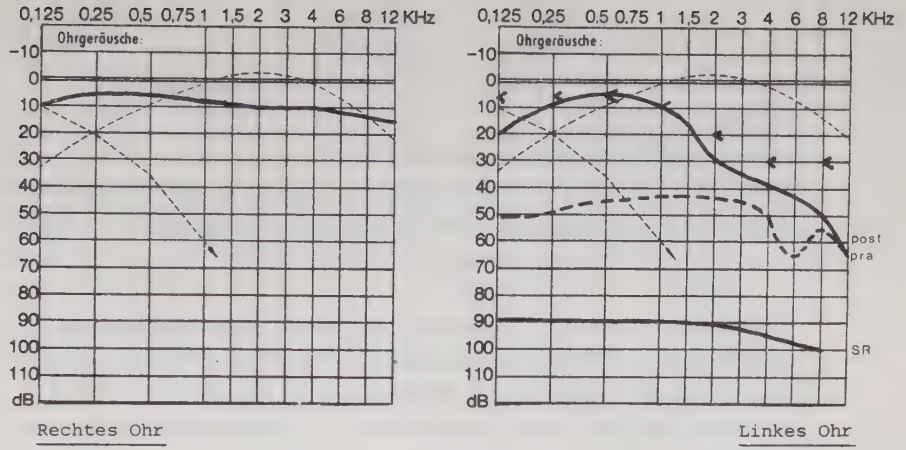
Der Patient gab eine seit 8 bis 10 Jahren langsam zunehmende Hörminderung links an, dabei traten gelegentlich Ohrgeräusche auf. Es wurde eine übliche Stapedektomieoperation vorgenommen. Die Messungen erfolgten am 17. Tag nach der Operation.

Die Hörleistung auf dem stapedektomierten Ohr nimmt oberhalb 1 kHz deutlich ab. Die Unbehaglichkeitsschwellen sind auf der operierten Seite erniedrigt. Sie betragen für 250 Hz 75 dB (HL), für 500 Hz ebenfalls 75 dB (HL) und für 1000 Hz 100 dB (HL); auf der nicht-operierten Seite für jeweils diese Frequenz 80, 90 und 105 dB (HL). Bei 2 kHz ist die Unbehaglichkeitsschwelle nicht erniedrigt.

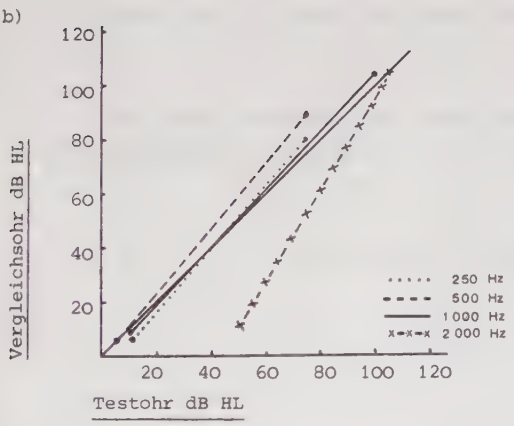
Der Fowler-Test ist für Frequenzen bis 1000 Hz positiv. Das Rekruitment beträgt im Bereich der Unbehaglichkeitsschwellen bei 250 Hz 10 dB, bei 500 Hz 15 dB und bei 1000 Hz 7 dB.

Eine Verdeckungsmessung bzw. die Frequenzunterschiedsschwelle wurde nicht ermittelt.

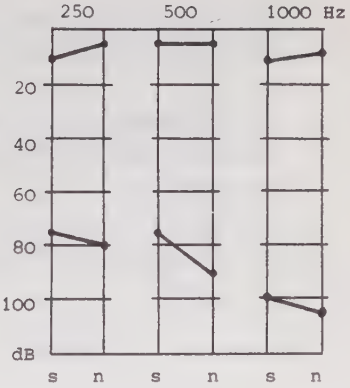
a)


0,125 0,25 0,5 0,75 1 1,5 2 3 4 6 8 12 KHz
Ohrgeräusche:
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
dB
Rechtes Ohr
Linkes Ohr
post
pra
SR

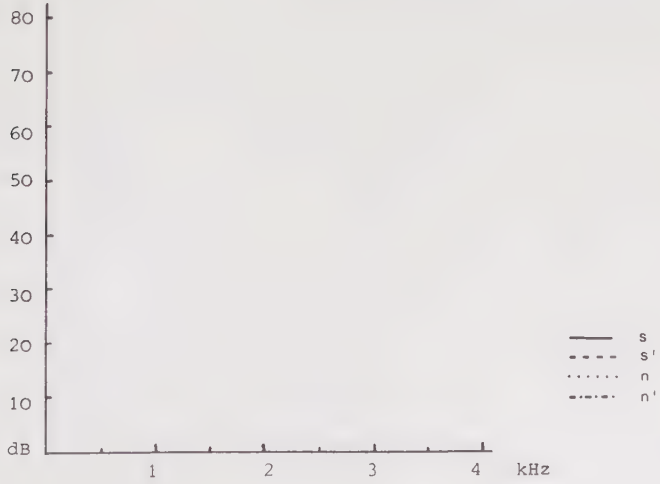
b)


Vergleichsohr dB HL
120
100
80
60
40
20
20 40 60 80 100 120
Testohr dB HL
250 Hz
500 Hz
1000 Hz
2 000 Hz

c)


250
500
1000 Hz
20
40
60
80
100
dB
s n s n s n

d)


80
70
60
50
40
30
20
10
dB
1
2
3
4
kHz
s
s'
n
n'

4. Fall

50jährige Patientin, Stapedektomie links.
Anamnestisch bestand eine seit 3 Jahren zunehmende Hörminderung links. Es wurde eine komplikationslose Stapedektomie durchgeführt. Die Messungen wurden nach Ziehung der Tamponade vorgenommen.

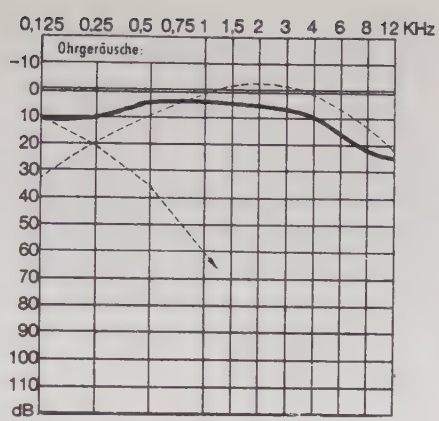
Die Hörschwellenkurve zeigt auf der operierten Seite oberhalb 500 Hz ein deutliches Abfallen der Hörleistung. Die Unbehaglichkeitsschwelle ist auf dem stapedektomierten Ohr erniedrigt. Bei 500 Hz beträgt sie 95 dB (HL) auf der stapedektomierten Seite, gegenüber 100 dB (HL) auf der gesunden Seite.

Der Fowler-Test ist positiv. Das Rekruitment beträgt im Bereich der Unbehaglichkeitsschwelle 10 dB.

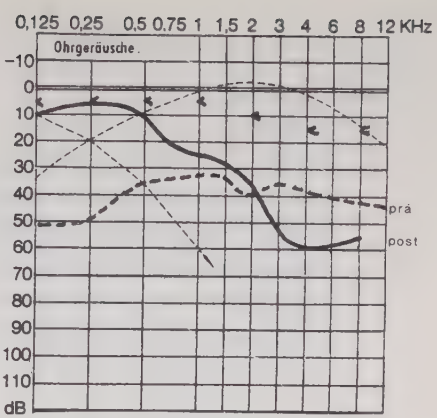
Die Verdeckungsmessung wurde mit einem Sinuston von 500 Hz und der Intensität 80 dB durchgeführt. s und s' zeigen eine erhöhte Verdeckungscharakteristik.

Die Frequenzunterschiedsschwelle wurde nicht ermittelt.

a)

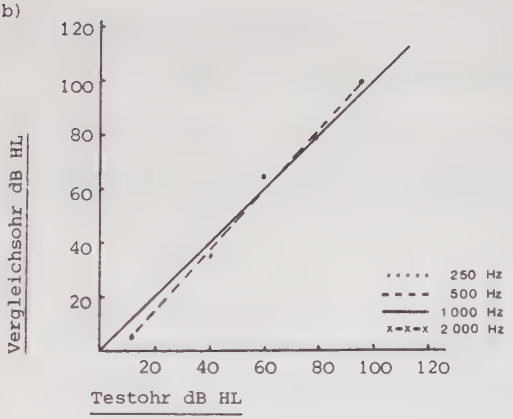


Rechtes Ohr

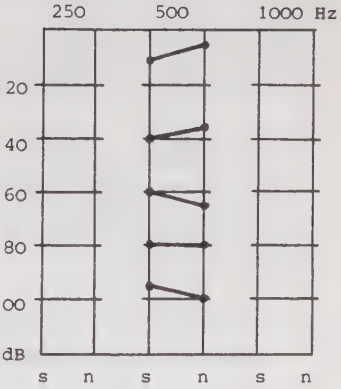


Linkes Ohr

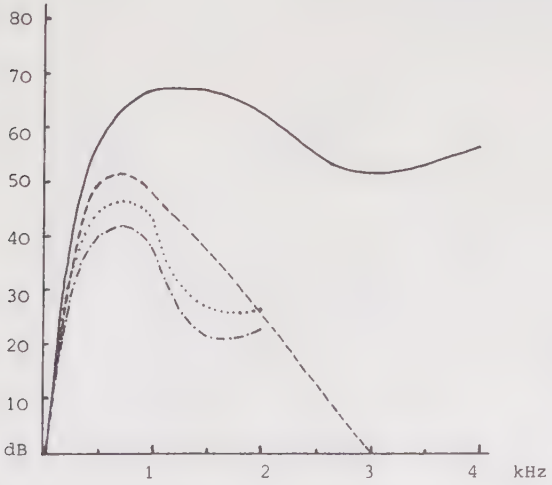
b)



c)



d)



5. Fall

35jährige Patientin, Stapedektomie rechts.
Patientin beobachtete eine seit einem Jahr zunehmende Hörminderung rechts, die mit Ohrgeräuschen verbunden waren. Es wurde die angegebene Stapedektomieoperation vorgenommen. Beim Befestigen der Draht-Bindegewebsprothese wird diese leicht verbogen. Da aber diese fest sitzt, wird keine Änderung vorgenommen. Die Messungen wurden, wie angestrebt, unmittelbar nach Ziehung der Tamponade durchgeführt.

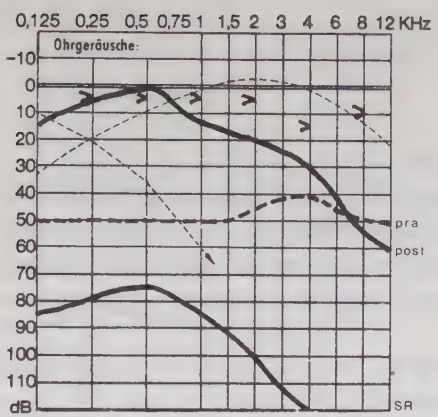
Die Hörschwellenkurven werden dargestellt. Die Unbehaglichkeitsschwellen sind für 250 und 500 Hz auf dem operierten Ohr um 10 dB erniedrigt. Bei 1 kHz besteht kein Unterschied der Unbehaglichkeitsschwellen.

Der Fowler-Test ist für 250 Hz mit 5 dB, für 1000 Hz mit 10 dB positiv. SR beträgt für 250 und 500 Hz 75 dB (SL), bei 1 kHz 70 dB (SL).

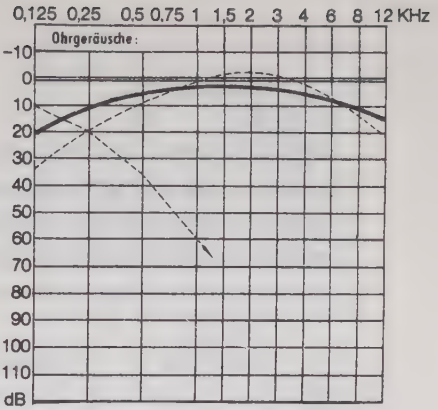
Die Verdeckungsmessung wurde mit Sinuston 500 Hz und der Intensität 80 dB durchgeführt. Oberhalb von 2 kHz finden wir für s bzw. s' eine erhöhte Verdeckungskurve. Im Bereich 1 - 1,5 kHz sind die Meßkurven nahezu identisch.

Das Frequenzselektionsvermögen wurde mit 500 und 1000 Hz und der Intensität 50 dB (SL) gemessen. Auf der stapedektomierten Seite wurde für 500 bzw. 1000 Hz die Frequenzschwelle mit 8 bzw. mit 3 Hz ermittelt. Auf der gesunden Gehörseite ermittelten wir die Werte 2 und 11 Hz für die angegebenen Frequenzen.

a)

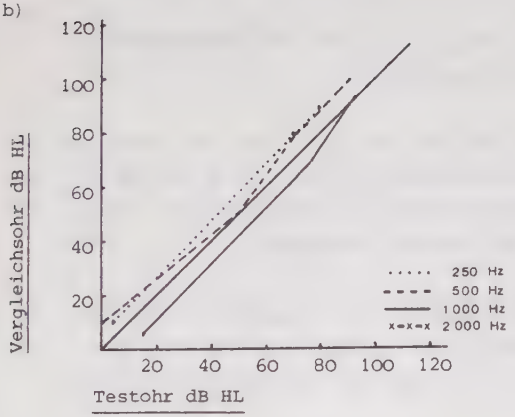


Rechtes Ohr

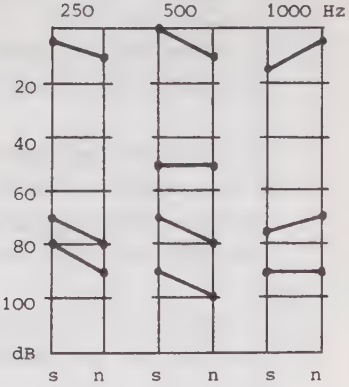


Linkes Ohr

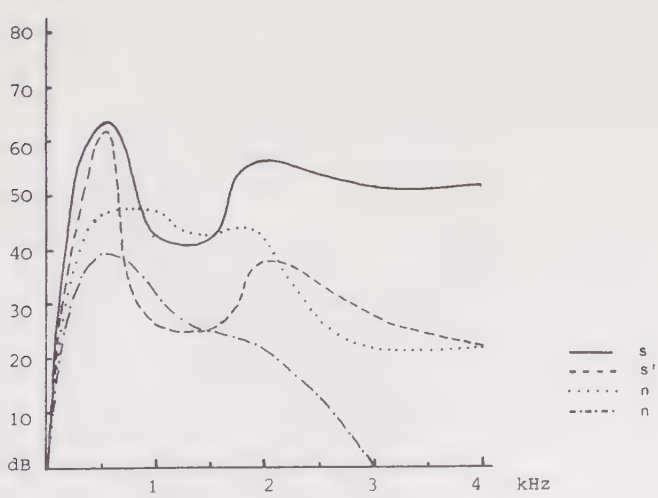
b)



c)



d)



6. Fall

40jährige Patientin, Stapedektomie rechts.

Patientin gab auf Befragung eine seit 3 Jahren bestehende Hörminderung rechts mit gelegentlich auftretendem Ohrenpfeifen an. Bei der Stapedektomieoperation wurde der Steigbügel mit der gesamten Fußplatte entnommen. Die Messungen wurden nach Ziehung der Tamponade vorgenommen.

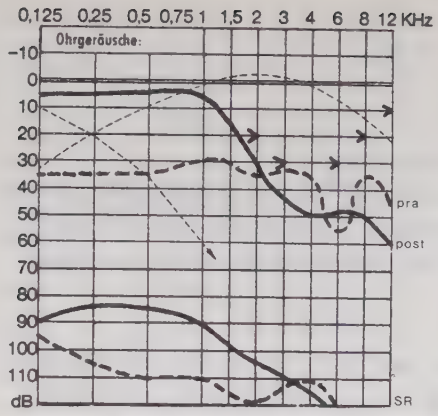
Die Hörschwelle des stapedektomierten Ohres fällt bei Frequenzen oberhalb 1 kHz deutlich ab. Die Unbehaglichkeitsschwelle ist bei 500 Hz erniedrigt und beträgt auf der stapedektomierten Seite 85 dB (HL), auf der gesunden Seite 95 dB (HL). Bei 1000 Hz zeigen operiertes und nicht operiertes Ohr keinen Unterschied in der Unbehaglichkeitsschwelle.

Der Fowler-Test ist bei 500 Hz mit 10 dB positiv. Ein durchgeführter Sisi-Test war für 500 und 1000 Hz negativ.

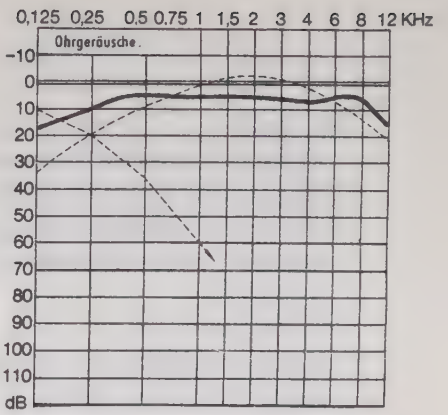
Die Verdeckungsmessungen wurden mit Sinuston 500 Hz und der Intensität 70 dB durchgeführt. Das starke Ansteigen von s oberhalb 2 kHz ist auf die verminderte Hörleistung im Hochtonbereich zurückzuführen. Es zeigt sich weder für s noch für s' eine erhöhte Verdeckung.

Die Frequenzunterschiedsschwelle wurde mit der Intensität 50 dB (SL) ermittelt. Auf dem stapedektomierten Ohr wurden 7 und 9 Hz, auf dem gesunden Ohr 5 und 6 Hz für die Frequenzen 500 und 1000 Hz ermittelt.

a)

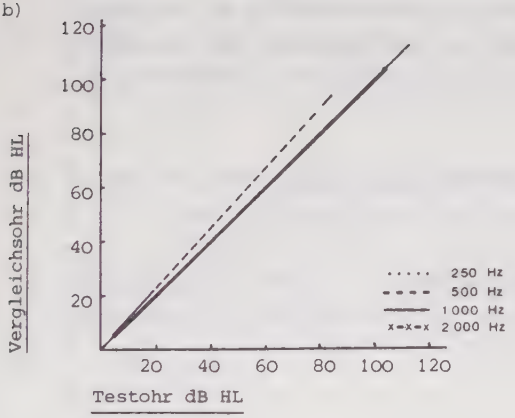


Rechtes Ohr

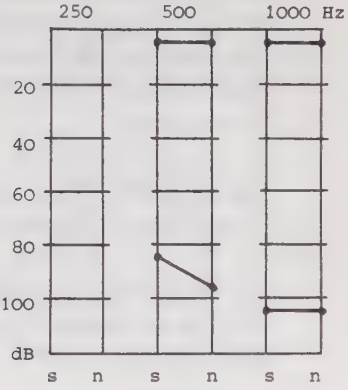


Linkes Ohr

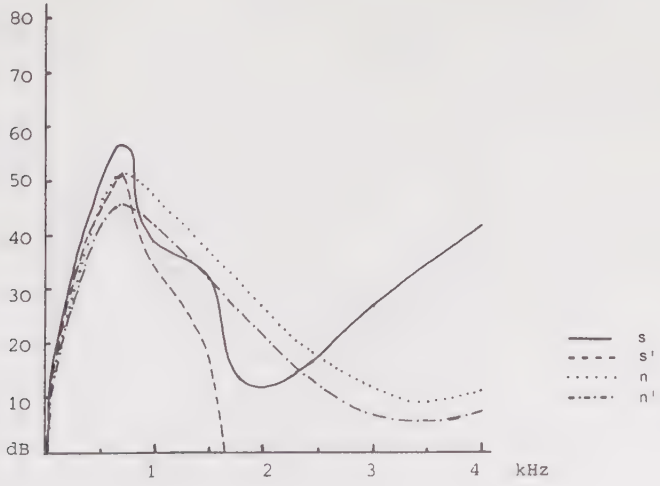
b)



c)



d)



7. Fall

39jährige Patientin, Stapedektomie rechts.
Patientin berichtete von einer seit 7 Jahren bestehenden Hörminderung rechts mit auftretenden Ohrgeräuschen. Es wurde die übliche Stapedektomieoperation vorgenommen. Die Messungen erfolgten nach Ziehung der Tamponade.

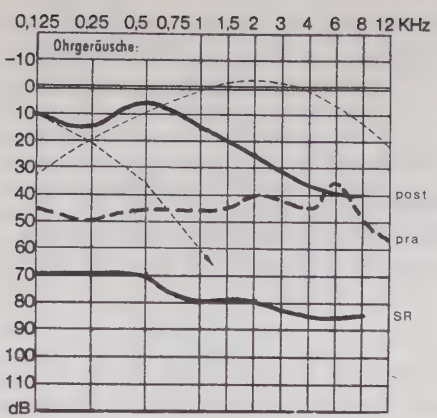
Es wurden folgende SR ermittelt: bei 250 Hz 55 dB (SL), bei 500 Hz 65 dB (SL) und bei 1000 Hz 65 dB (SL). Die Unbehaglichkeitsschwellen sind auf dem operierten Ohr bei keiner Frequenz erniedrigt.

Der Fowler-Test ist durchwegs negativ. Die Patientin gibt subjektiv eine starke Phonophobie auf dem stapedektomierten Ohr an. Wir hatten den Eindruck, daß die Meßangaben sehr unsicher sind, was die nicht erniedrigte Unbehaglichkeitsschwelle und den negativen Fowler-Test erklären würde.

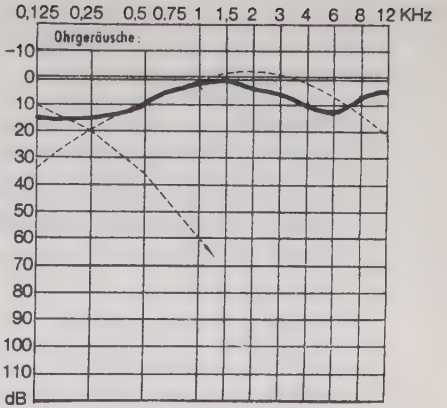
Die durchgeführte Verdeckungsmessung ergab keinen Hinweis auf eine erhöhte Verdeckungscharakteristik des stapedektomierten Ohres.

Die Frequenzunterschiedsschwelle wurde mit 11 Hz bei 500 Hz und 15 Hz bei 1000 Hz ermittelt. Operiertes und nicht-operiertes Ohr unterschieden sich nicht.

a)

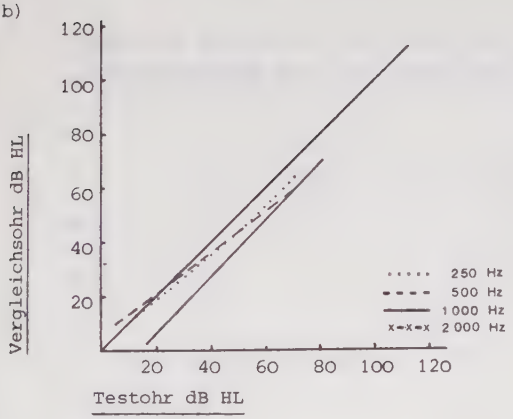


Rechtes Ohr

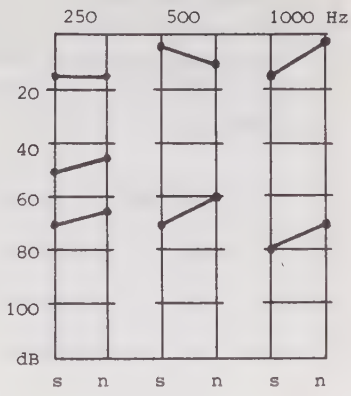


Linkes Ohr

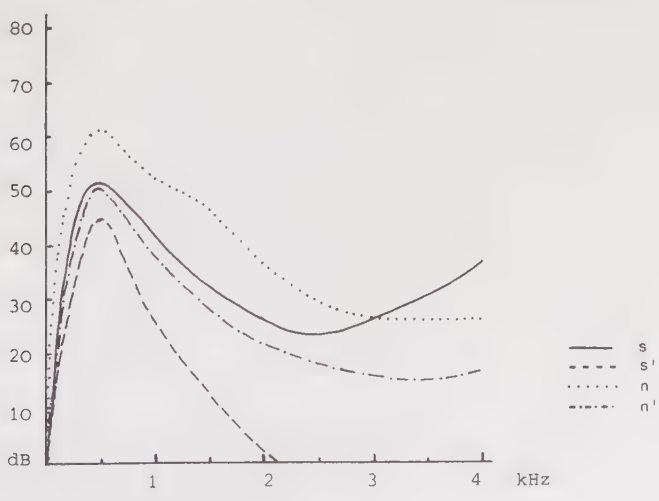
b)



c)



d)



8. Fall

38jähriger Patient, Stapedektomie rechts.
Es bestand seit 6 Jahren eine Hörminderung rechts. Bei der komplikationslosen Schuknecht-Stapedektomie wurde die gesamte Fußplatte entfernt. Die Messungen wurden wiederum nach Ziehung der Tamponade durchgeführt.

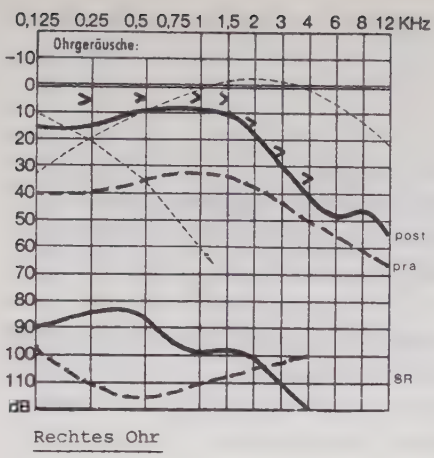
Oberhalb 1,5 kHz zeigt sich im Audiogramm ein deutlicher Abfall der Hörleistung. SR beträgt für 250 Hz 70 dB (SL), für 500 Hz 75 dB (SL) und für 1000 Hz 90 dB (SL).

Ein durchgeführter Sisi-Test ist für 1 und 2 kHz negativ; bei 4 kHz 3 %.

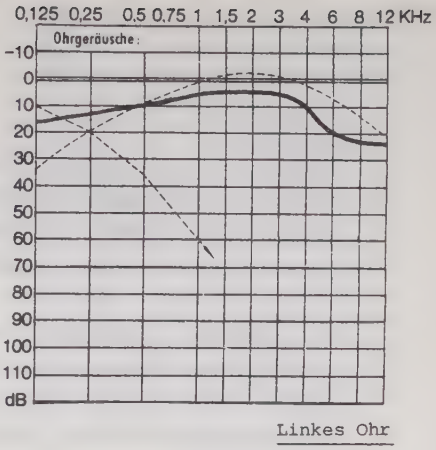
Es ergibt sich keine erhöhte Verdeckungskurve. Der Anstieg von s oberhalb 2 kHz ist durch die verminderte Hörleistung im Hochtonbereich zu erklären.

Die Frequenzunterschiedsschwelle ist nicht ermittelt worden.

a)

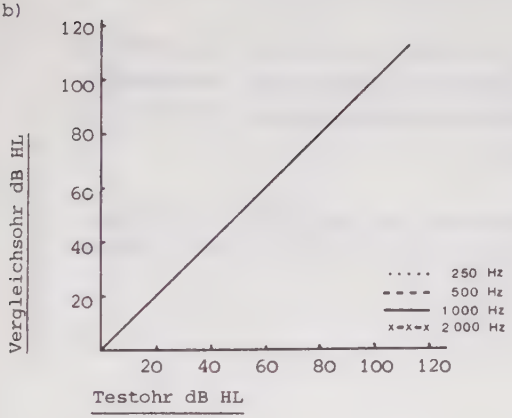


Rechtes Ohr

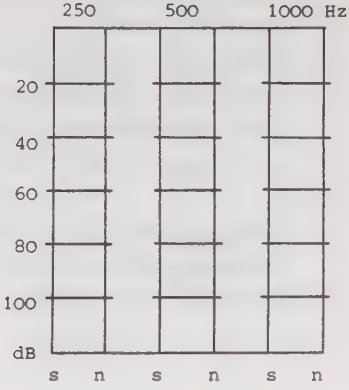


Linkes Ohr

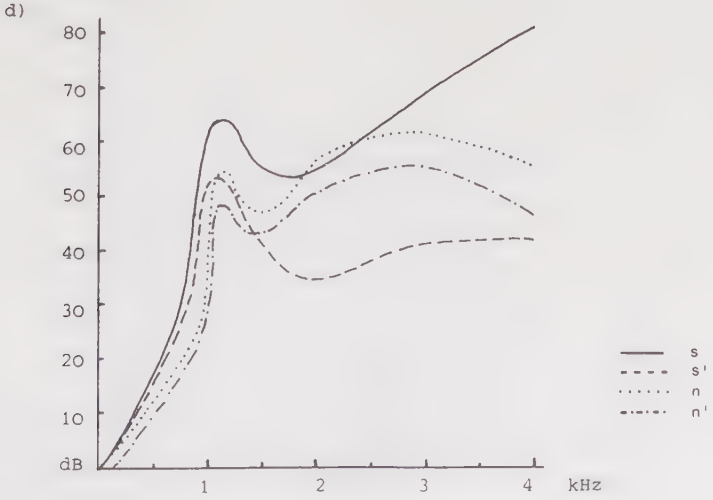
b)



c)



d)



9. Fall

49jährige Patientin, Stapedektomie rechts.
Es wurde eine Bindegewebe-Stahldrahtprothese eingesetzt, nachdem der Stapes mit der gesamten Fußplatte entfernt worden war. Die Messungen wurden nach Ziehung der Tamponade vorgenommen.

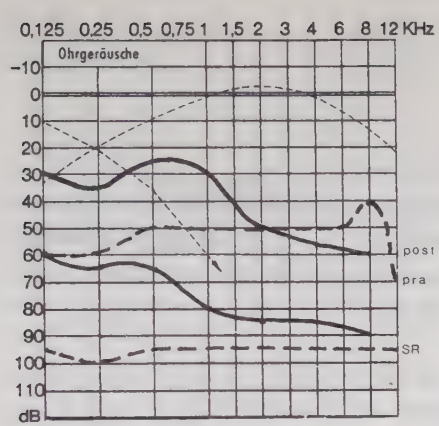
Die postoperative Hörschwellenkurve ist im gesamten Frequenzbereich erniedrigt. Die Hörminderung beträgt bis 1000 Hz ca. 30 dB (HL) und fällt dann auf 60 dB (HL) ab. SR beträgt bei 500 Hz 40 dB (SL). Die Unbehaglichkeitsschwelle ist bei 500 Hz um 5 dB erniedrigt.

Fowler-Test ist positiv. Das Rekruitment beträgt bei 500 Hz 20 dB.

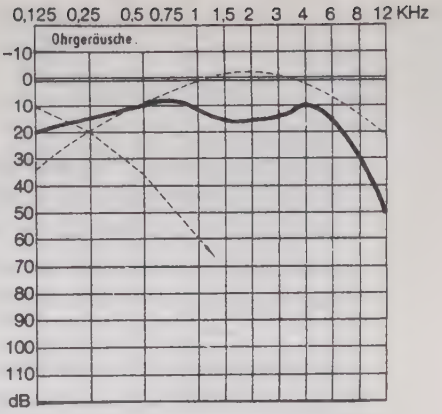
Die Kurve s zeigt zur Kurve n eine erhöhte Verdeckung. Die um die Hörschwelle s' korrigierte Verdeckungskurve zeigt jedoch, daß keine erhöhte Verdeckung vorliegt. Die Verdeckungsmessung wurde mit 500 Hz und der Intensität 80 dB durchgeführt.

Die Frequenzunterschiedsschwelle wurde mit 6 und 10 Hz auf der stapedektomierten Seite und 12 und 10 Hz auf der nicht-operierten Seite bei 500 und 1000 Hz ermittelt.

a)

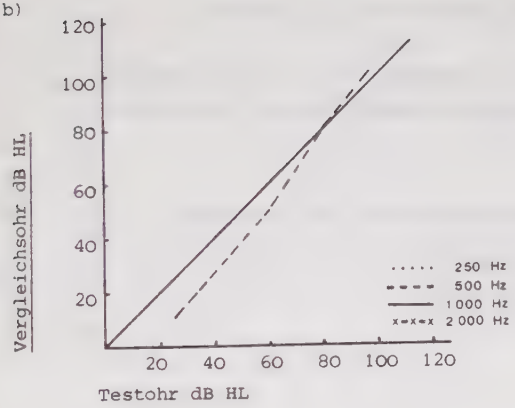


Rechtes Ohr



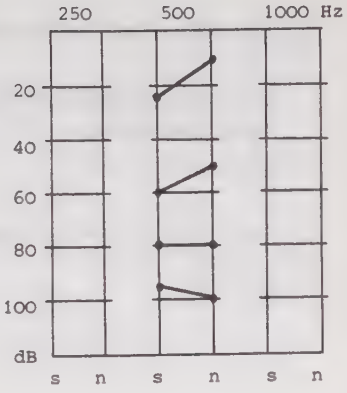
Linkes Ohr

b)

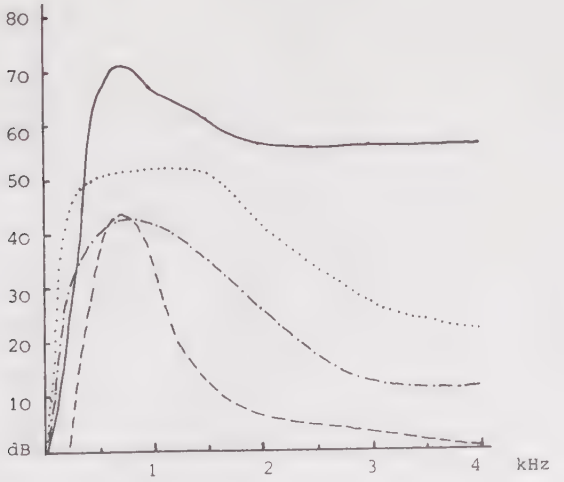


Testohr dB HL

c)



d)



10. Fall

33jähriger Patient, Stapedektomie rechts.
Patient gab eine seit ca. 9 Monaten zunehmende Hörminderung rechts mit Ohrgeräuschen an. Während der Operation kam es bei der Extraktion des gesamten Stapes zu einer leichten Blutung in das ovale Fenster. Nach der Tamponadenentfernung erfolgten die Messungen.

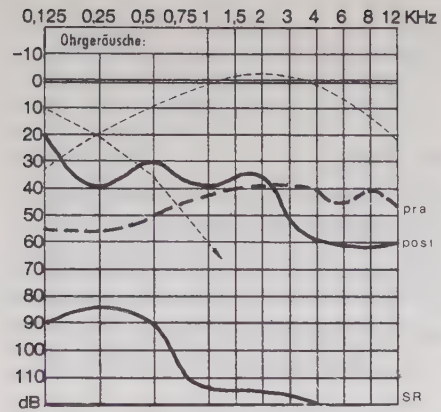
Im Audiogramm erkennt man eine deutlich erniedrigte Hörschwellenkurve des stapedektomierten Ohres. Die bei der Operation aufgetretene Blutung dürfte damit in Zusammenhang stehen. Die Unbehaglichkeitsschwellen sind nicht erniedrigt.

Der Fowler-Test ist bei 500 und 1000 Hz mit 20 dB positiv.

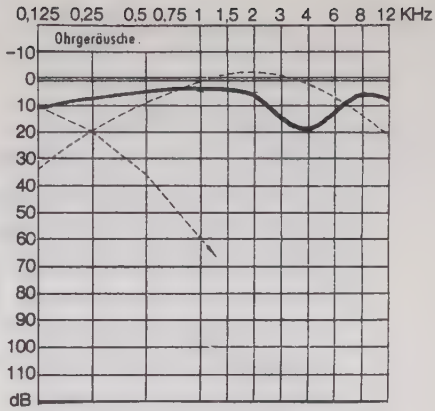
Die Verdeckungsmessung wurde mit Sinuston 1 kHz und der Intensität 90 dB durchgeführt. Eine erhöhte Verdeckungscharakteristik ließ sich nicht aufzeigen.

Ein Frequenzunterschiedsschwellentest wurde nicht durchgeführt.

a)

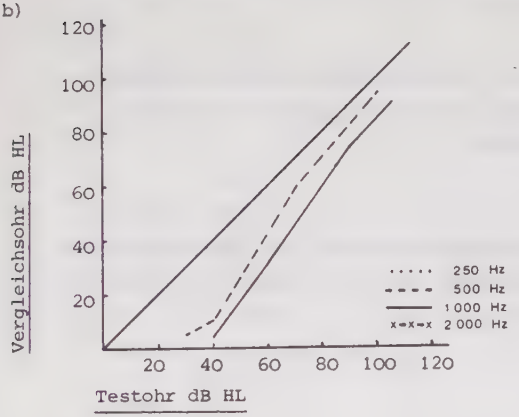


Rechtes Ohr

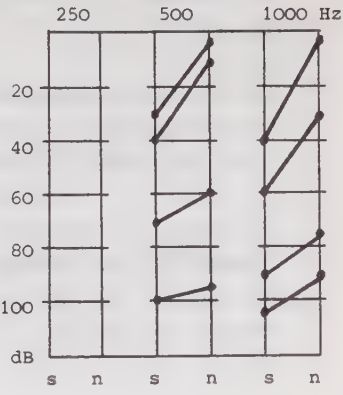


Linkes Ohr

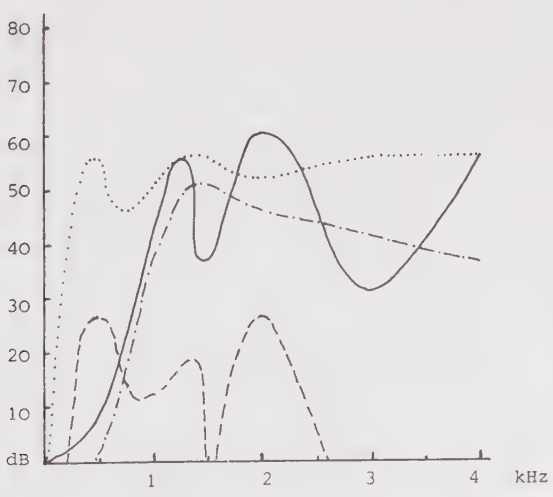
b)



c)



d)



11. Fall

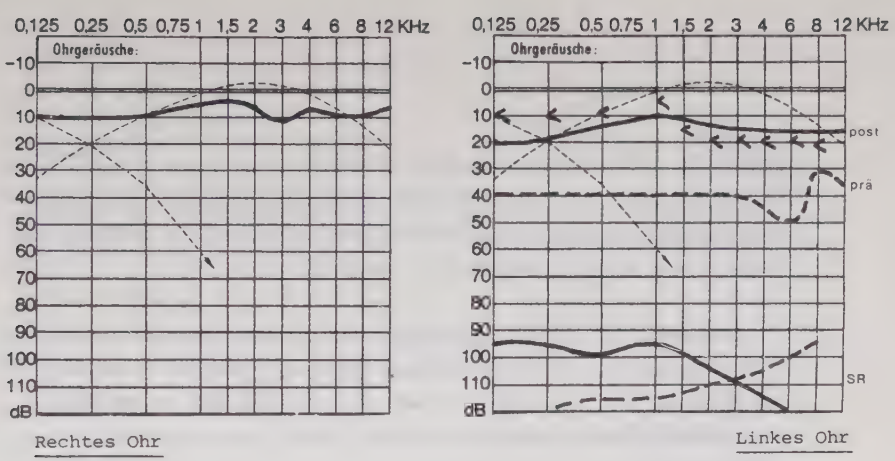
34jährige Patientin, Stapedektomie links.
Patientin berichtete von einer allmählichen Hörverschlechterung des linken Ohres. Vor ca. 18 Monaten verschlechterte sich das Gehör drastisch. Bei der Stapedektomie wurden die hinteren zwei Drittel der Fußplatte in 4 Teilen entnommen. Beim Einsetzen der Bindegewebs-Stahldrahtprothese erweist sich diese als zu kurz. Deshalb wurde eine um 0,5 mm verlängerte Prothese eingebracht. Die Untersuchungen wurden 19 Tage nach der Operation vorgenommen.

Die Hörschwellenkurven werden im Audiogramm dargestellt. Das operierte Ohr hat nach der Operation annähernd das gleiche Hörvermögen wie das gesunde Ohr.

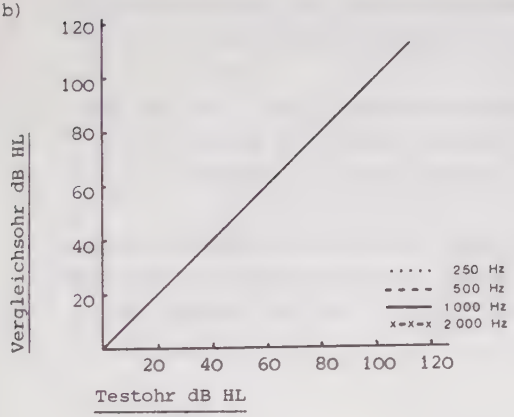
Die Verdeckungsmessung wurde mit Sinuston 500 Hz und der Intensität 80 dB vorgenommen. Es konnte für das stapedektomierte Ohr keine erhöhte Verdeckung aufgezeigt werden.

Die Frequenzunterschiedsschwelle wurde mit der Intensität 50 dB (SL) durchgeführt und betrug auf dem stapedektomierten Ohr bei 500 Hz 2 Hz, bei 1000 Hz 1 Hz. Auf der nicht-operierten Seite ebenfalls 2 Hz bei der Frequenz 500 Hz, 4 Hz bei 1000 Hz.

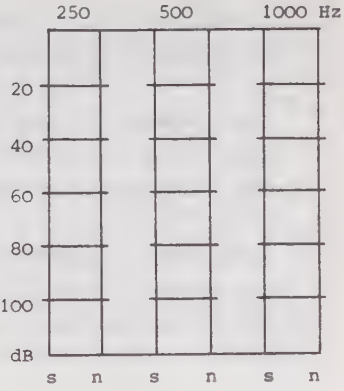
a)


0,125 0,25 0,5 0,75 1 1,5 2 3 4 6 8 12 KHz
Ohrgeräusche:
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
dB
Rechtes Ohr
Linkes Ohr
post
prä
SR

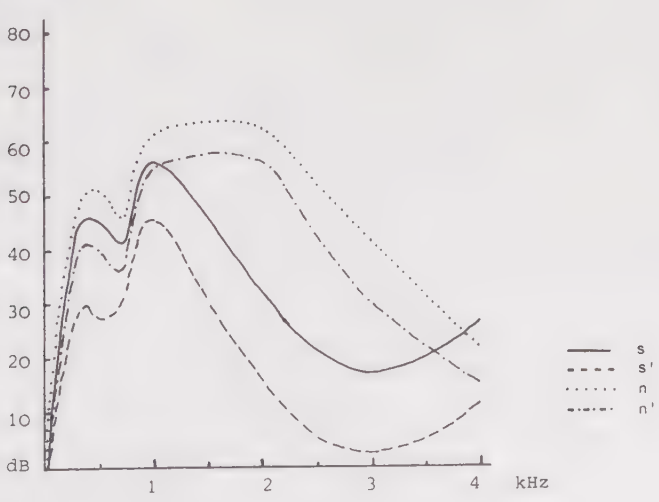
b)


Vergleichsohr dB HL
120
100
80
60
40
20
20 40 60 80 100 120
Testohr dB HL
250 Hz
500 Hz
1000 Hz
x-x-x 2000 Hz

c)


250
500
1000 Hz
20
40
60
80
100
dB
s n s n s n

d)


80
70
60
50
40
30
20
10
dB
1 2 3 4 kHz
s
s'
n
n'

12. Fall

56jähriger Patient, Stapedektomie rechts.
Es bestand seit 3 bis 4 Jahren eine Hörminderung rechts. Nach Durchführung einer komplikationslosen Stapedektomieoperation erfolgte die Untersuchung nach Entfernung der Tamponade.

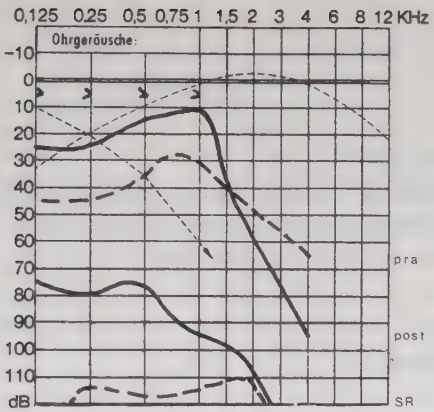
Im Audiogramm des stapedektomierten Ohres erkennt man oberhalb von 1000 Hz einen drastischen Abfall der Hörschwellenkurve. SR beträgt bei 250 Hz 55 dB (SL), bei 500 Hz 60 dB (SL) und bei 1000 Hz 85 dB (SL). Die Unbehaglichkeitsschwellen sind bei allen untersuchen Frequenzen um 5 dB erniedrigt.

Fowler-Test ist bei diesen Frequenzen positiv. Das Rekruitment beträgt bei 250 Hz 20 dB, bei 500 Hz 15 dB und bei 1000 Hz 13 dB.

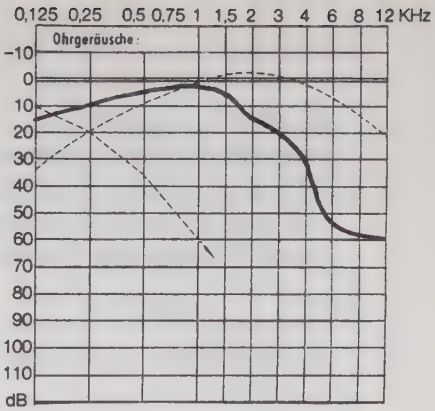
Die Verdeckungsmessung erfolgte mit der Frequenz 500 Hz und der Intensität 80 dB. Die Kurve s' läßt erkennen, daß nur im Bereich von ca. 600 - 1700 Hz eine geringfügig erhöhte Verdeckung vorliegt.

Beide Ohren zeigten für die Frequenz 500 Hz eine Unterschiedsschwelle von jeweils 2 Hz. Bei 1000 Hz besteht eine Frequenzunterschiedsschwelle von 4 Hz auf dem nicht-operierten Ohr, 2 Hz auf dem stapedektomierten Ohr.

a)

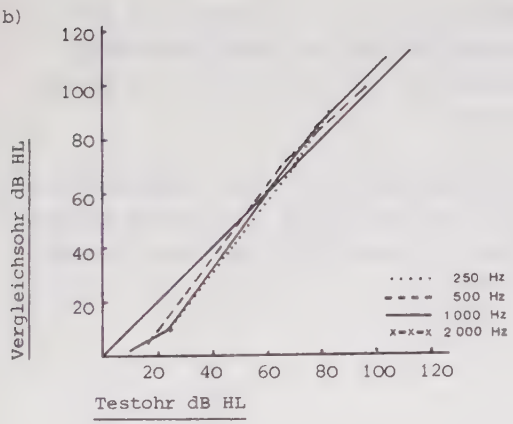


Rechtes Ohr

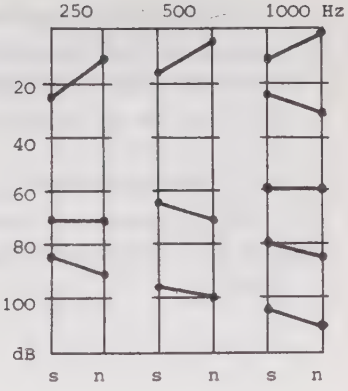


Linkes Ohr

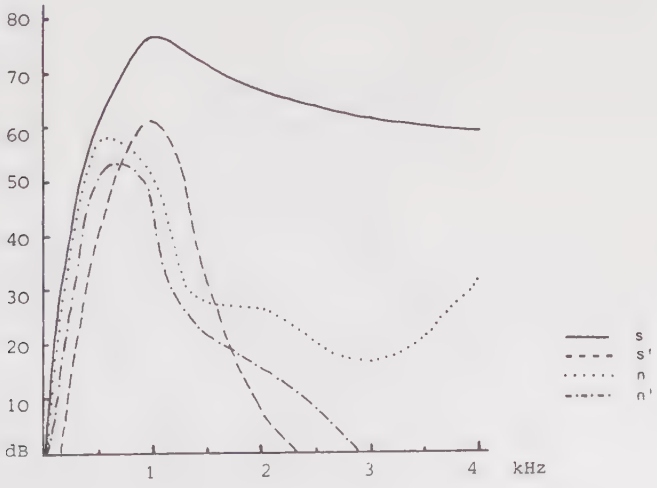
b)



c)



d)



13. Fall

37jähriger Patient, Stapedektomie links.
Seit 10 Jahren bestand eine zunehmende Schwerhörigkeit links. Es wurde eine komplikationslose Stapedektomieoperation durchgeführt. Die Untersuchungen wurden nach Ziehung der Tamponade vorgenommen.

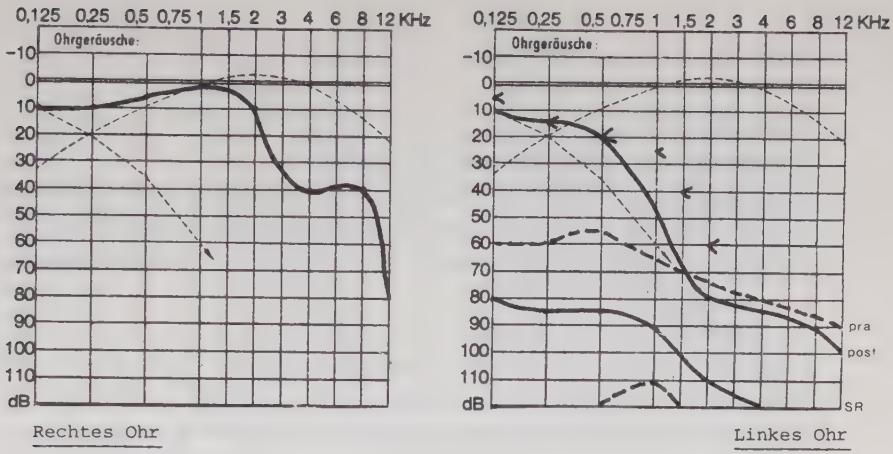
Oberhalb 1,5 kHz hat sich das Hörvermögen nicht verbessert. Die Stapediusreflexschwellen sind vermindert.

Der durchgeführte Fowler-Test ist bei 1000 Hz im Bereich der Unbehaglichkeitsschwelle mit 8 dB positiv.

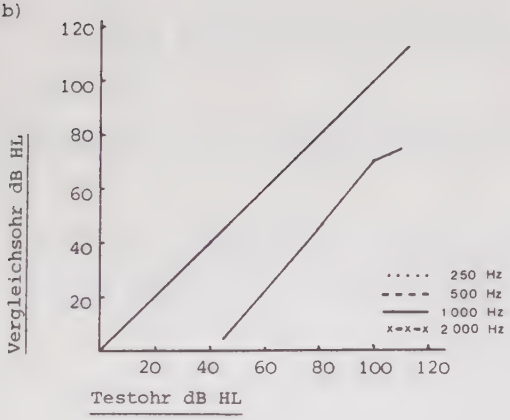
Die durchgeführte Verdeckungsmessung, die mit der Frequenz 1 kHz und der Intensität 90 dB durchgeführt wurde, zeigt keine erhöhte Verdeckungscharakteristik. Das erhöhte Ansteigen der Kurve s oberhalb 3 kHz erklärt sich aus dem schlechten Hörvermögen.

Beim Frequenzunterschiedsschwellentest haben wir folgende Unterschiedsschwellen gemessen: für 500 Hz 3 Hz und für 1000 Hz 2 Hz auf dem operierten Ohr, auf der nicht-operierten Seite jeweils 3 Hz bei diesen Frequenzen.

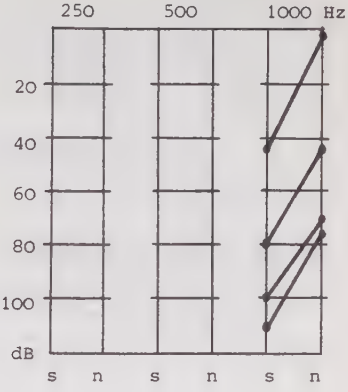
a)


0,125 0,25 0,5 0,75 1 1,5 2 3 4 6 8 12 KHz
Ohrgeräusche:
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
dB
Rechtes Ohr
0,125 0,25 0,5 0,75 1 1,5 2 3 4 6 8 12 KHz
Ohrgeräusche:
pra
post
SR
Linkes Ohr

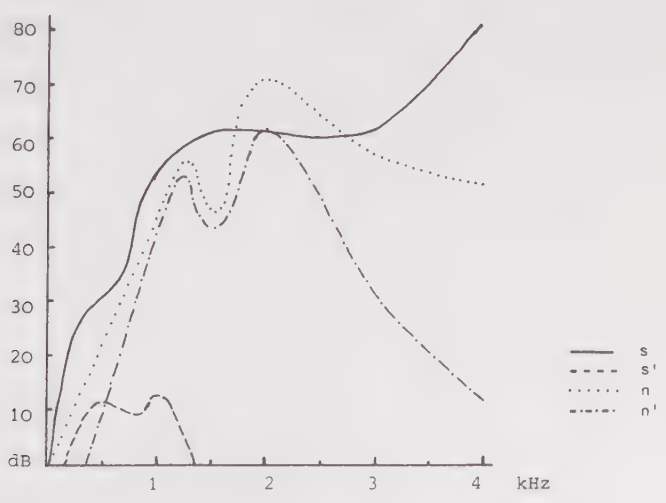
b)


Vergleichsohr dB HL
120
100
80
60
40
20
250 Hz
500 Hz
1 000 Hz
2 000 Hz
20 40 60 80 100 120
Testohr dB HL

c)


250
500
1000 Hz
20
40
60
80
100
dB
s n s n s n

d)


80
70
60
50
40
30
20
10
dB
1
2
3
4
kHz
s
s'
n
n'

14. Fall

52jährige Patientin, Stapedektomie links.
Patientin berichtete von einer seit 5 Jahren zunehmenden Hörminderung links, bei der Ohrgeräusche auftraten. Es wurde die übliche Stapesoperation durchgeführt. Nach Ziehung der Tamponade wurden die Messungen vorgenommen.

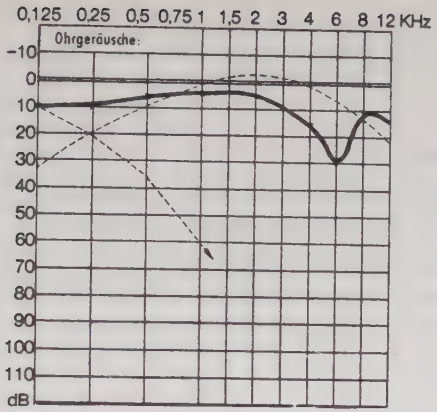
Die Hörschwelle fällt auf dem stapedektomierten Ohr stark ab. Die Unbehaglichkeitsschwelle ist bei 250 Hz um 10 dB, bei 500 Hz um 15 dB erniedrigt. Bei 1000 Hz ist die Unbehaglichkeitsschwelle erhöht. Dieses ist verständlich, da bei 1000 Hz eine Gehörbeeinträchtigung von 25 dB besteht.

Im Fowler-Test zeigt sich bei 500 Hz ein Rekruitment von 25 dB, bei 1000 Hz von 10 dB.

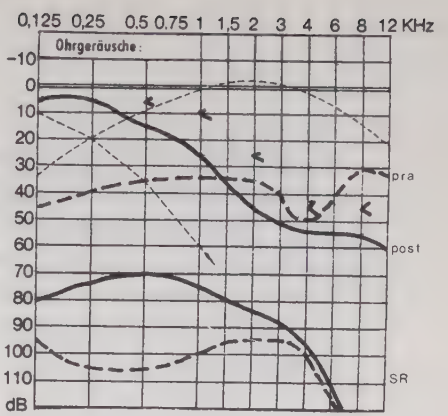
Die Verdeckungsmessung ergibt keinen Hinweis auf eine erhöhte Verdeckungscharakteristik.

Es werden für 500 und für 1000 Hz folgende Frequenzunterschiedsschwellen gemessen: 4 und 2 Hz auf dem operierten Ohr, 14 und 2 Hz auf der gesunden Gehörseite.

a)

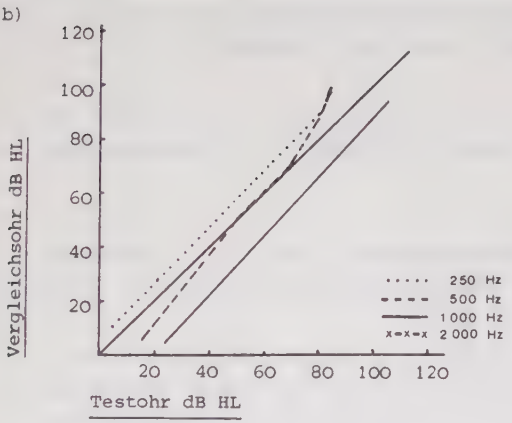


Rechtes Ohr

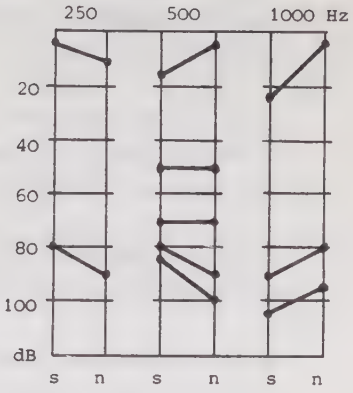


Linkes Ohr

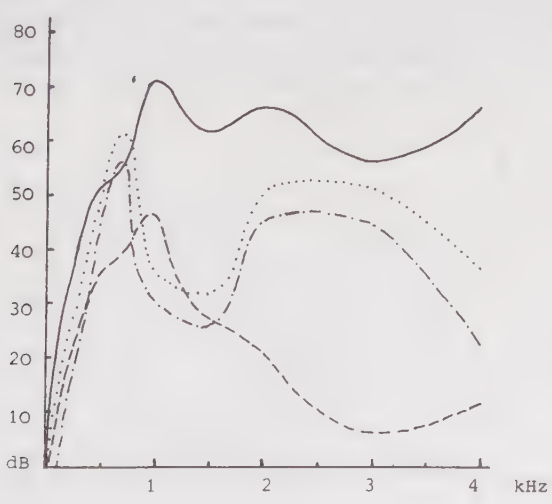
b)



c)



d)



15. Fall

46jähriger Patient, Stapedektomie links.
Es wurde ein Hörminderung links festgestellt, die seit 6 Monaten bestand. Bei der Stapedektomie wurde die gesamte Fußplatte entnommen. Die Messungen wurden nach Ziehung der Tamponade vorgenommen. Bei einer Kontrolluntersuchung, 3 Wochen nach der Operation, wurde nochmals die Hörschwelle und eine Verdeckungsmessung, sowie die Frequenzunterschiedsschwelle aufgezeichnet.

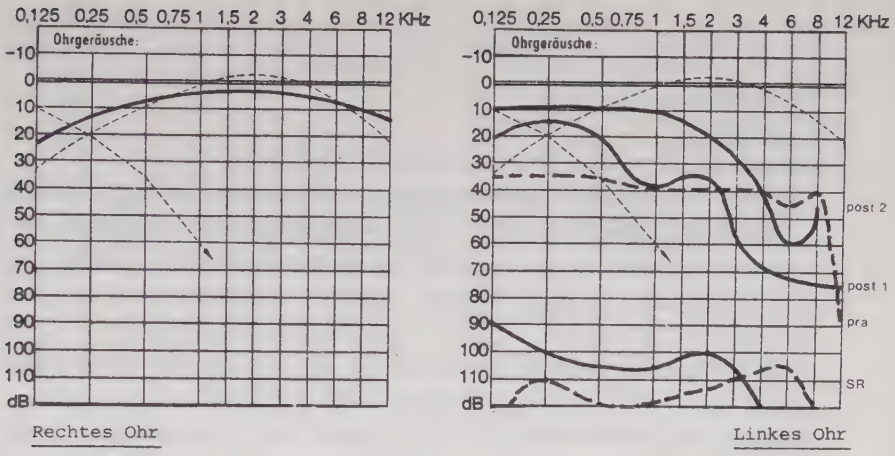
Im Audiogramm erkennt man, daß die Hörfähigkeit 3 Wochen nach der Operation sich gegenüber der Messung nach Ziehung der Tamponade deutlich verbessert hat. Die Unbehaglichkeitsschwellen sind nicht erniedrigt. Da das stapedektomierte Ohr 1 Woche nach der Operation eine deutlich schlechtere Hörfähigkeit aufweist, wird dieses verständlich.

Im Fowler-Test war bei 500 Hz ein Rekruitment von 5 dB, bei 1000 Hz von 26 dB beobachtbar. Bei 1000 Hz beträgt SR 65 dB (SL). Ein durchgeführter Sisi-Test verlief negativ.

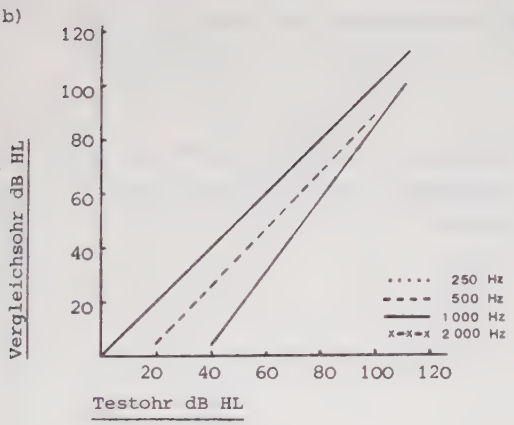
Mit beiden durchgeführten Verdeckungsmessungen konnte keine erhöhte Verdeckungscharakteristik für das stapedektomierte Ohr aufgezeichnet werden.

Die Frequenzunterschiedsschwelle betrug auf dem stapedektomierten Ohr für 500 Hz nach Ziehung der Tamponade 3,5 Hz, 3 Wochen nach der Operation 6 Hz. Für 1000 Hz gelten die Werte 2 und 3 Hz. Auf dem nicht-operierten Ohr entsprechend für 500 Hz 6, drei Wochen nach der Operation 10 Hz, für 1 kHz 6, drei Wochen nach der Operation 4 Hz. Die Frequenzunterschiedsschwelle wurde mit der Intensität 70 dB (SL) ermittelt.

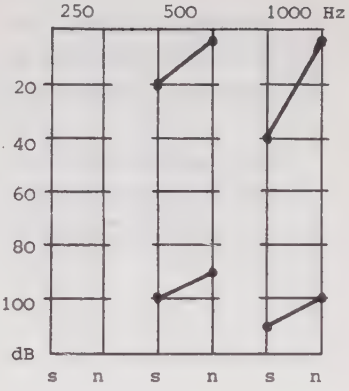
a)


0,125 0,25 0,5 0,75 1 1,5 2 3 4 6 8 12 KHz
Ohrgeräusche:
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
dB
Rechtes Ohr
0,125 0,25 0,5 0,75 1 1,5 2 3 4 6 8 12 KHz
Ohrgeräusche:
post 2
post 1
pra
SR
dB
Linkes Ohr

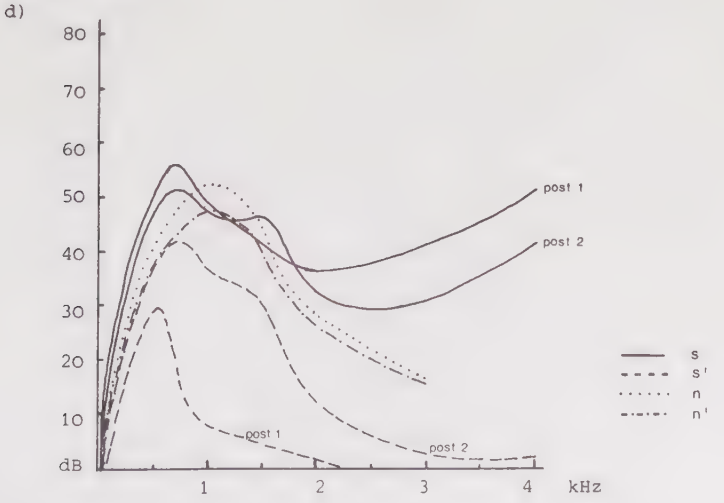
b)


Vergleichsohr dB HL
120
100
80
60
40
20
250 Hz
500 Hz
1000 Hz
2 000 Hz
20 40 60 80 100 120
Testohr dB HL

c)


250
500
1000 Hz
20
40
60
80
100
dB
s n s n s n

d)


80
70
60
50
40
30
20
10
dB
post 1
post 2
post 1
post 2
s
s'
n
n'
1 2 3 4 kHz

16. Fall

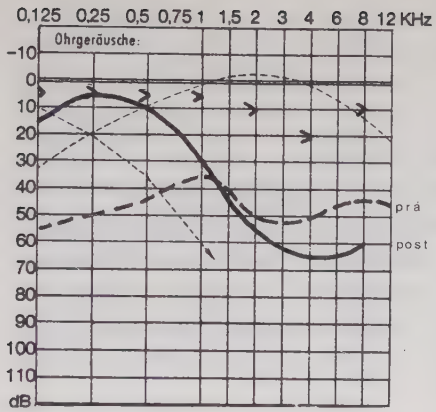
26jährige Patientin, Stapedektomie rechts.
Bei der Stapedektomieoperation erwies sich die eingesetzte Bindegewebe-Stahldrahtprothese als zu kurz. Die Prothese wurde aber belassen, die ovale Fensternische durch zusätzliche Bindegewebsläppchen bedeckt. Die Messungen wurden nach Ziehung der Tamponade vorgenommen.

Für das stapedektomierte Ohr beobachtet man oberhalb 500 Hz ein starkes Abfallen der Hörleistung. Die Unbehaglichkeitsschwelle ist nur bei 500 Hz um 5 dB erniedrigt, bei 250 Hz sogar um 15 dB erhöht. Ein Rekruitment findet man bei 500 Hz mit 10 dB und bei 1000 Hz mit 25 dB.

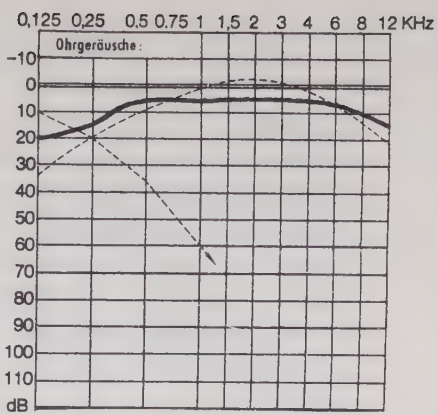
Eine erhöhte Verdeckung für das stapedektomierte Ohr zeigt sich nicht. Das erhöhte Ansteigen der Kurve s ist Ausdruck der verminderten Hörleistung im Hochtonbereich.

Die Frequenzunterschiedsschwelle beträgt auf dem nicht-operierten Ohr für 500 Hz 1 - 2 Hz, für 1000 Hz 6 Hz. Auf der operierten Seite haben wir für beide Frequenzen 2 Hz gemessen.

a)

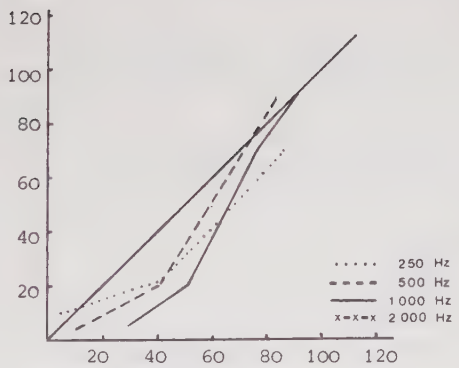


Rechtes Ohr

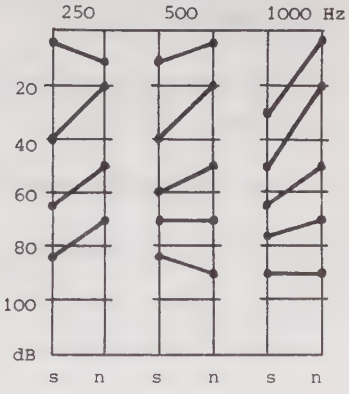


Linkes Ohr

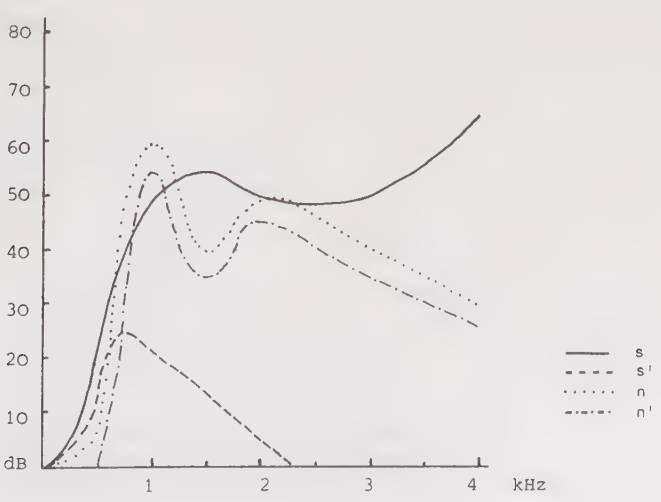
b)



c)



d)



17. Fall

46jähriger Patient, Stapedektomie rechts.
Patient bemerkte eine seit 3 Jahren zunehmende Hörminderung rechts. Bei Fraktur der Fußplatte sank das hintere Drittel des Fußplattenfragments etwas in das Vestibulum ein. Bei Entnahme der Fußplatte kam dieses auf den Facialiswulst zu liegen und verschwand danach nach retrotympanal. Es war nicht wieder auffindbar. Es wurde eine Bindegewebs-Stahldrahtprothese eingesetzt. Die Messungen führten wir nach Ziehung der Tamponade durch.

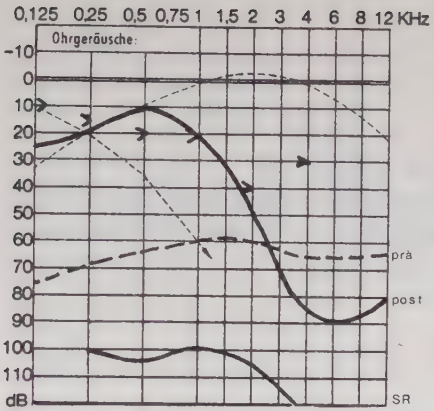
Die Hörschwelle des stapedektomierten Ohres sinkt oberhalb 500 Hz deutlich ab. Im Hochtonbereich ist das Hörvermögen nach der Operation schlechter als zuvor.

Ein durchgeführter Sisi-Test betrug bei 500 Hz 0 %, bei 1000 Hz 65 % und bei 4 kHz 60 %.

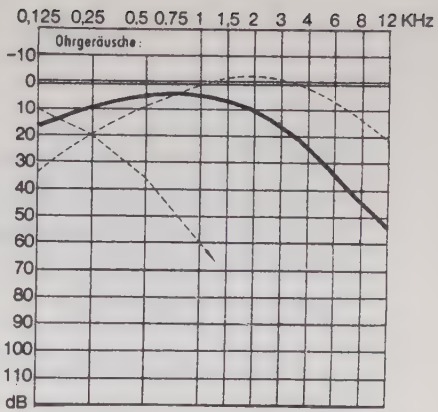
Eine erhöhte Verdeckungskurve konnte nicht aufgezeichnet werden.

Das Frequenzselektionsvermögen wurde nicht ermittel.

a)

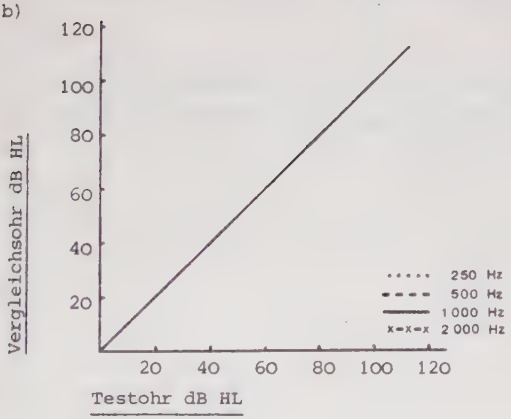


Rechtes Ohr

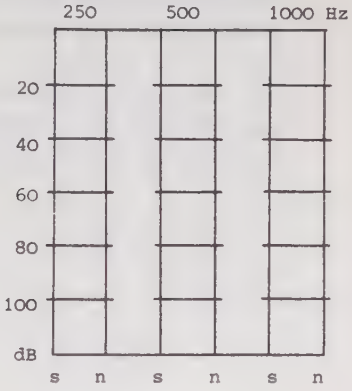


Linkes Ohr

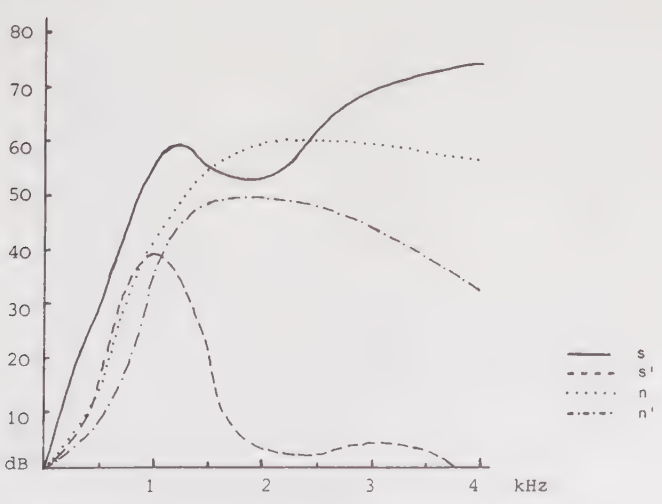
b)



c)



d)



18. Fall

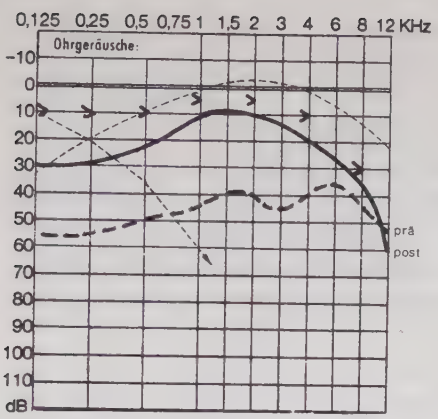
44jährige Patientin, Stapedektomie rechts.
Es bestand eine seit 10 Jahren zunehmende Hörminderung rechts. Bei der komplikationslosen Stapedektomieoperation wurden die hinteren zwei Drittel der Fußplatte entnommen. Die Messungen wurden 49 Tage nach der Operation durchgeführt.

Die Unbehaglichkeitsschwelle bzw. der Fowler-Test wurden daher nicht ermittelt.

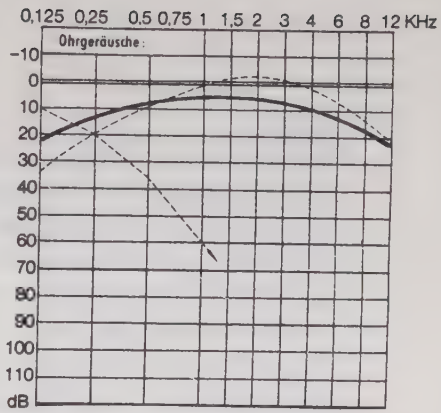
Die Verdeckungsmessung erbrachte zwei annähernd gleiche Kurven. Eine erhöhte Verdeckung für das stapedektomierte Ohr konnte somit wiederum nicht aufgezeichnet werden.

Die Frequenzunterschiedsschwelle betrug auf dem stapedektomierten Ohr bei 500 Hz 18 Hz, bei 1000 Hz 10 Hz. Auf der nicht-operierten Seite für die entsprechenden Frequenzen 11 und 16 Hz.

a)

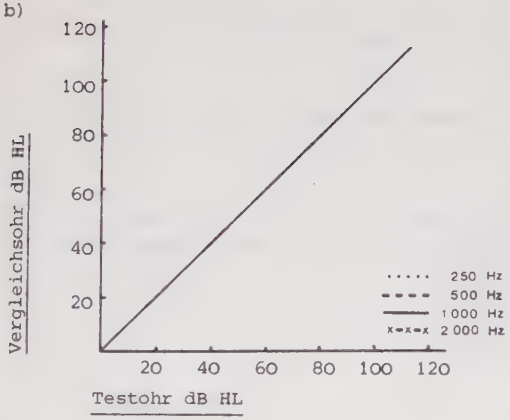


Rechtes Ohr

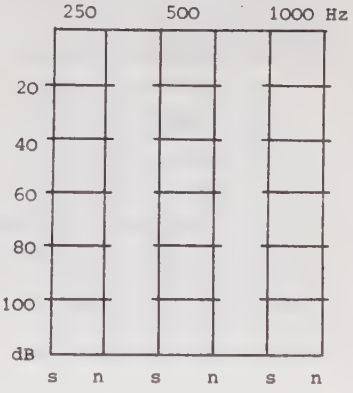


Linkes Ohr

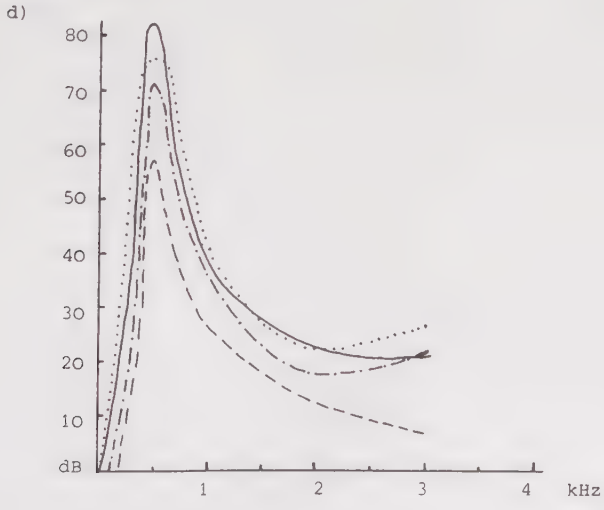
b)



c)



d)



19. Fall

26jährige Patientin, Stapedektomie rechts.
Der Patientin war eine zunehmende Hörminderung rechts aufgefallen, die mit Ohrgeräuschen verbunden war. Es wurde eine übliche Stapedektomie durchgeführt. Die hinteren zwei Drittel der Fußplatte konnte nur in mehreren Stückchen entnommen werden. Die Messungen wurden 27 Tage nach der Operation durchgeführt.

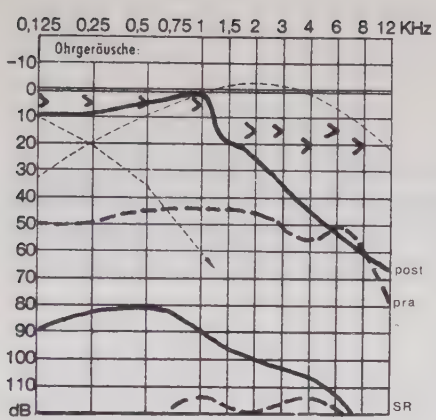
Oberhalb 1000 Hz ist auf dem stapedektomierten Ohr ein deutlicher Hörverlust festzustellen. SR beträgt bei 500 Hz 75 dB (SL), bei 1000 Hz 90 dB (SL). Die Unbehaglichkeitsschwellen sind für diese Frequenzen um 10 bzw. 15 dB erniedrigt.

Das Rekruitment beträgt für 500 und für 1000 Hz 10 dB.

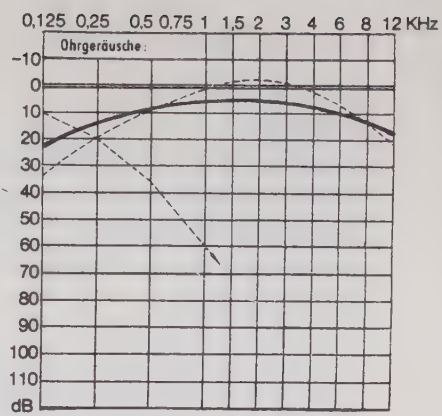
Eine erhöhte Verdeckung für das stapedektomierte Ohr konnte nicht dargestellt werden.

Die Frequenzunterschiedsschwelle betrug 12 und 10 Hz auf dem operierten Ohr, 5 und 8 Hz auf dem nicht-operierten Ohr für die Frequenzen 500 und 1000 Hz.

a)

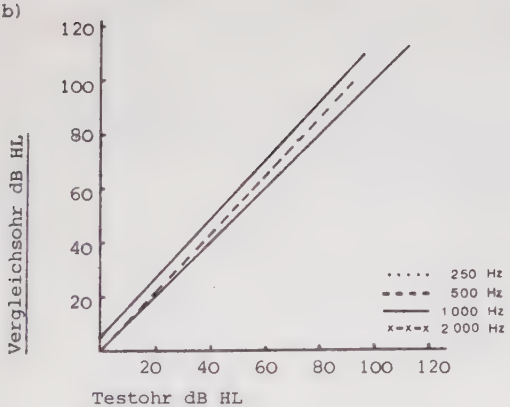


Rechtes Ohr

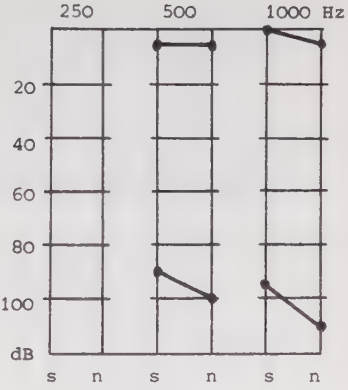


Linkes Ohr

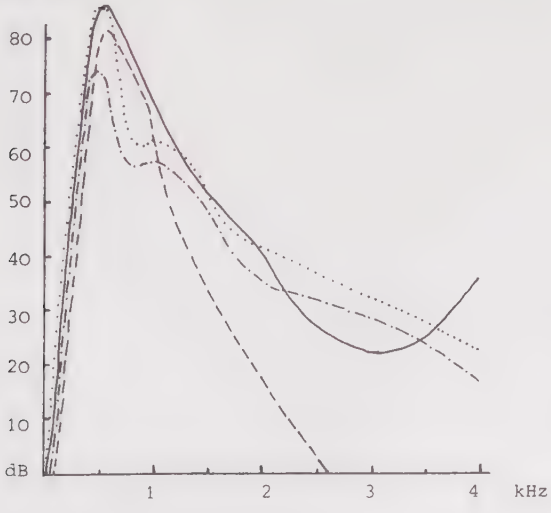
b)



c)



d)



20. Fall

36jährige Patientin, Stapedektomie rechts.

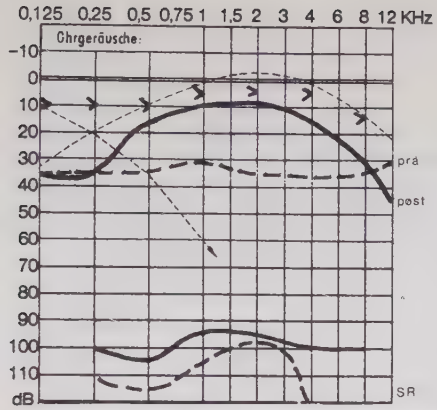
Seit drei Jahren bestanden auf dem rechten Ohr Ohrgeräusche. Nach dem Auftreten einer Parotitis epidemica wurde eine deutliche Hörminderung rechts bemerkt. Die Messungen wurden erst 33 Tage nach der Operation durchgeführt.

Daher wurde wiederum auf die Ermittlung der Unbehaglichkeitsschwelle bzw. auf den Fowler-Test verzichtet. Wie aus dem Audiogramm zu entnehmen ist, ist das Hörvermögen im Frequenzbereich 500 und 4000 Hz deutlich verbessert.

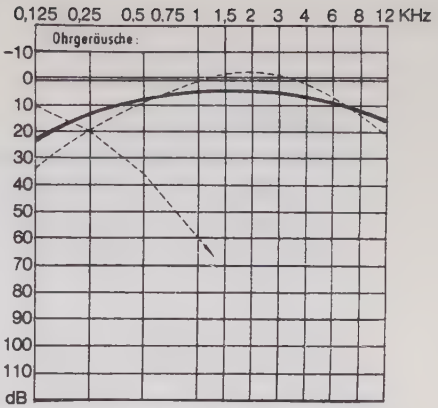
Aus den Verdeckungskurven läßt sich keine erhöhte Verdeckung für das stapedektomierte Ohr entnehmen.

Die Frequenzunterschiedsschwelle betrug 7 Hz bei 500 Hz auf dem stapedektomierten Ohr, sowie 3 Hz auf dem nicht-operierten Ohr. Bei 1 kHz betrug die Frequenzunterschiedsschwelle jeweils 2 Hz.

a)

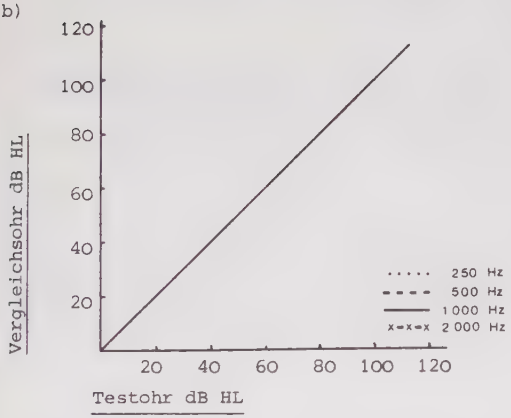


Rechtes Ohr

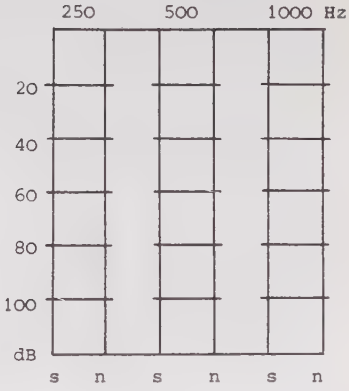


Linkes Ohr

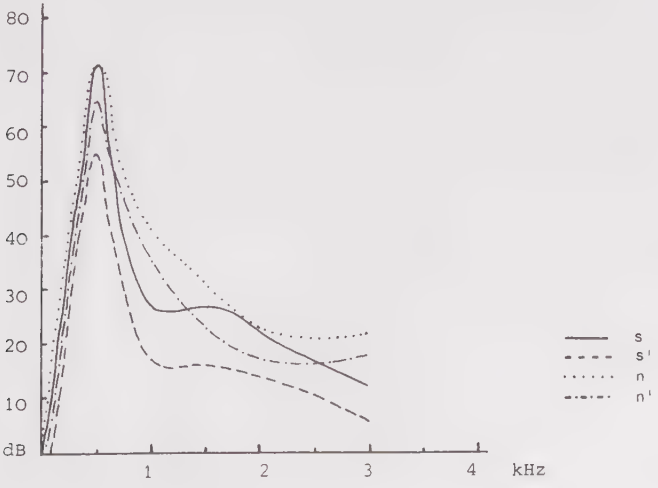
b)



c)



d)



21. Fall

29jährige Patientin, Stapedektomie rechts.
Es wurde eine komplikationslose Stapedektomieoperation durchgeführt. Die Messungen erfolgten unmittelbar nach Ziehung der Tamponade. 4 Wochen nach der Operation wurden die Hörschwellen nochmals ermittelt.

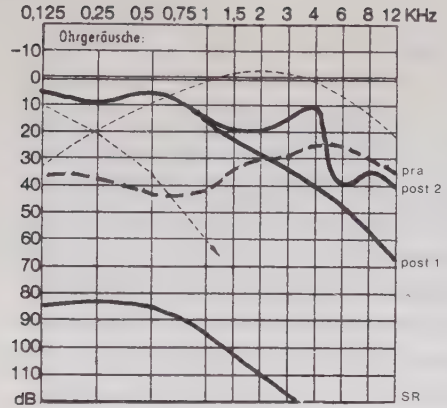
Die Hörschwellenkurven werden im Audiogramm dargestellt. Das Hörvermögen des operierten Ohres sinkt unmittelbar nach der Operation oberhalb von 1 kHz stark ab. Bei Ermittlung der Hörschwellen, 4 Wochen nach der Operation, ist dieser starke Abfall nicht beobachtbar.

Der Fowler-Test ist bei allen untersuchten Frequenzen negativ. Die Unbehaglichkeitsschwellen sind nicht erniedrigt.

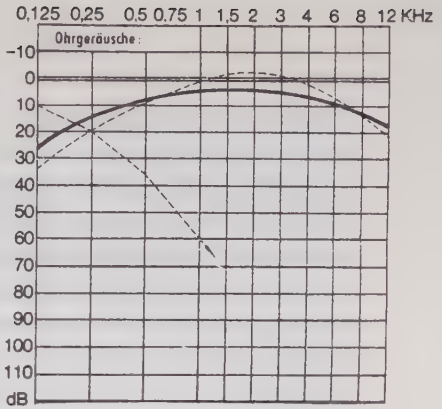
Die Verdeckungsmessung wurde mit 500 Hz und der Intensität 80 dB durchgeführt. s zeigt oberhalb 1 kHz gegenüber n eine Verdeckung. Die korrigierten Verdeckungskurven s' und n' lassen erkennen, daß keine Verdeckungscharakteristik besteht.

Das Frequenzelektionsvermögen wurde mit 500 und 1000 Hz und der Intensität 50 dB ermittelt. Auf dem stapedektomierten Ohr wurde die Frequenzschwelle mit jeweils 2 Hz festgehalten. Auf der gesunden Gehörseite haben wir die Frequenzschwelle mit 3 und 2 Hz für die angegebenen Frequenzen ermittelt.

a)

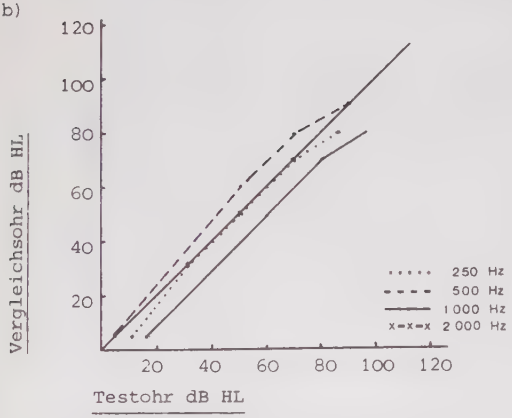


Rechtes Ohr

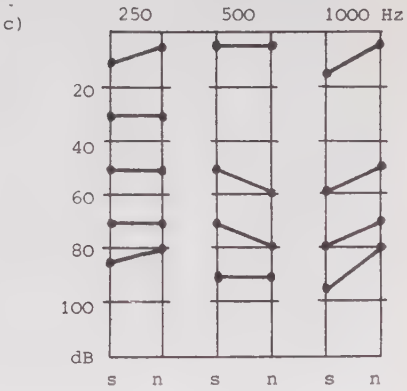


Linkes Ohr

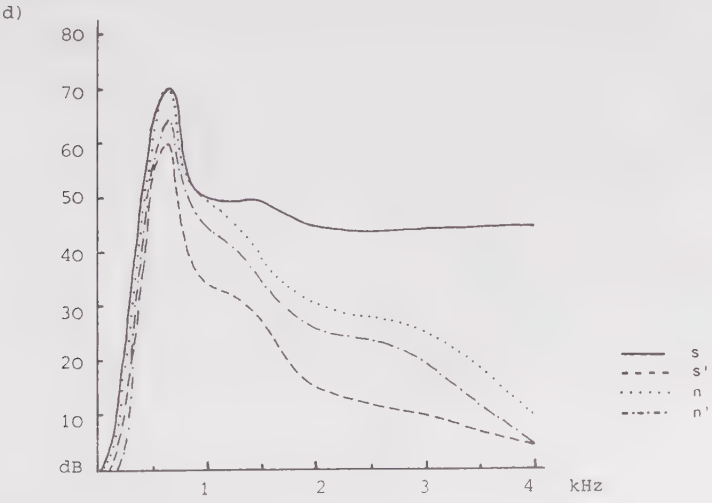
b)



c)



d)



C. Zusammenfassende Kasiustik

Die Untersuchung wurde an 21 einseitig wegen Otosklerose stapedektomierten Patienten vorgenommen. Auf der nicht-operierten Seite durfte keine signifikante Schalleitungsstörung vorhanden sein. Die Probandengruppe bestand aus 14 weiblichen und 7 männlichen Personen, im Alter von 26 bis 57 Jahren. Bei 16 Patienten wurden die Messungen unmittelbar nach Ziehen der Tamponade durchgeführt. Die Tamponadenentfernung erfolgt an der HNO-Klinik in Tübingen üblicherweise am sechsten postoperativen Tag.

Die prä- und postoperativen Hörschwellen wurden im Audiogramm aufgezeichnet. Auffallend ist ein immer wieder zu beobachtender starker Abfall der Hörleistung oberhalb von ca. 1 kHz.

Bei 16 Patienten wurde die Lautheitsempfindung durch den binauralen Lautheits-Balance-Test nach Fowler ermittelt. Dieser war bei 14 Patienten, zumindest bei einer Frequenz, positiv. Durchschnittlich betrug das Rekruitment für 250 Hz 11,6 dB, für 500 Hz 14,8 dB und für 1000 Hz 13,2 dB. Die Unbehaglichkeitsschwelle war bei 12 von 16 Patienten erniedrigt. Dabei wurden folgende Durchschnittswerte gemessen: für 250 Hz 80 dB (HL), für 500 Hz 85,9 dB (HL) und für 1000 Hz 95 dB (HL). Auf der gesunden Gehörseite wurden für die angegebenen Frequenzen 87,5 dB (HL), 97,3 dB (HL) und 106 dB (HL) ermittelt.

Die Verdeckungsmessung wurde bei 20 Patienten durchgeführt. Überwiegend wurde mit einem Sinuston von 500 Hz und der Intensität 80 dB gearbeitet. Bei entsprechender Modifikation wurde in der speziellen Kasuistik darauf eingegangen. Das starke Abfallen der Hörleistung im Hochtonbereich läßt die Meßkurve s entsprechend ansteigen. Bei 16 Patienten war keine erhöhte Verdeckung aufzeigbar. In den Fällen 1, 2, 5, 12 wurden teilweise Meßkurven aufgezeichnet, die eventuell diesen Schluß zulassen könnten.

Das Frequenzselektionsvermögen wurde bei 15 Patienten untersucht. Die Frequenzunterschiedsschwellen der stapedektomierten und der normalhörenden Ohren wurden gemessen. Wir ermittelten für die stapedektomierte Gehörseite Frequenzunterschiedsschwellen von 1 - 18 Hz bei Meßtönen von

500 Hz, von 1 - 15 Hz bei Meßtönen von 1000 Hz. Für die normalhörende Seite wurden Unterschiedsschwellen von 1 - 14 Hz bzw. von 1 - 16 Hz bei Meßtönen von 500 Hz bzw. 1000 Hz festgestellt. Beim Rechts-Links-Vergleich beobachteten wir bei Meßton 500 Hz auf der stapedektomierten Seite in 5 Fällen eine größere, in 4 Fällen eine kleinere Frequenzunterschiedsschwelle. In 6 Fällen ermittelten wir für operiertes und nichtoperiertes Ohr die gleiche Frequenzunterschiedsschwelle. Bei Meßton 1000 Hz fanden wir für das stapedektomierte Ohr in zwei Fällen eine größere, in 8 Fällen eine kleinere Frequenzunterschiedsschwelle. In ebenfalls 6 Fällen war das Selektionsvermögen beider Ohren identisch.

Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sollte versucht werden zu erklären, welche Faktoren für das Auftreten einer Phonophobie nach Stapedektomie verantwortlich sind. Daß hierbei die Überempfindlichkeit schon gegen mittelstarke Töne mit der Operation in ursächlichem Zusammenhang steht, ist offensichtlich. Da bei der Stapedektomie jedoch sowohl der Muskulus Stapedius durchtrennt, als auch die Stapesfußplatte entfernt wird könnte es sein, daß entweder das Fehlen einer mechanischen Hemmung durch den Muskel oder ein verändertes Schwingungsverhalten des künstlichen "Stapes" die Phonophobie hervorruft.
Es ist bekannt, daß einseitige Otosklerosen zum Teil ein Rekruitment aufweisen. Man kann mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen, daß dieser Effekt allein auf die Fixation des Stapes zurückzuführen ist. Beim gesunden Mittelohr führt der Stapes offensichtlich sehr komplizierte Bewegungen aus, welche sowohl von der Frequenz als auch von der Amplitude abhängen. Die komplizierten Bewegungen des Stapes sind daher dem akustischen Reiz genau angepaßt. Auf diese Weise kommt es zu einer feinen Dosierung der Stimulation des Innenohres. Außerdem tritt bei höheren Lautstärken durch den Stapediusreflex ein zusätzlicher Regelmechanismus auf. Dieser wirkt wie eine Begrenzung, d. h., trotz erhöhter Lautstärke bleibt bei Einsetzen des Stapediusreflexes die Erregung der cochlea fast konstant. Der Stapediusreflex ist wirksam bis etwa 2 kHz und hat seinen größten Einfluß bei 500 - 1000 Hz.
Wenn der Stapediusreflex nicht auftritt, wie im Falle einer Fazialisparese, so kann es bei Lautstärken oberhalb der Reflexschwelle auf der befallenen Seite zu einer unangenehmen Empfindung kommen. Solche Fälle einseitiger Phonophobie werden von Patienten mit Fazialisparese zuweilen berichtet. Die Effektivität des Stapediusreflexes beruht jedoch nicht, wie oft angenommen, auf einer Erhöhung des akustischen Widerstandes der Gehörknöchelkette. Vielmehr ist ein verändertes Schwingungsverhalten des Stapes bei hohen Intensitäten die Ursache für den Regelmechanismus.Eine bloße Kontraktion des Muskels verursacht, an der Hörschwelle gemessen, eine Verschiebung von lediglich 2 dB. Weil die Phonophobie aber bei Schallpegeln auftritt, welche unterhalb der Refexschwelle liegen, wurde bei unseren Versuchen in einem Intensitätsbereich unterhalb dieser

Schwelle gearbeitet. Die Ursache für die Phonophobie nach Stapesplastik kann offensichtlich nicht das Fehlen des Stapediusreflexes sein. Vielmehr muß angenommen werden, daß die eingesetzte Prothese zwar in der Lage ist, zumindest die Frequenzen bis etwa 1 kHz annähernd ebensogut zu übertragen wie das natürliche Mittelohr. Das beweisen die meist sehr guten Erfolge nach Stapedektomie. Die genaue Anpassung an Amplitude und Frequenz des Reizes jedoch ist bei der Stapesprothese nicht möglich. Obwohl also für operiertes und nicht-operiertes Ohr an der Hörschwelle dieselbe Empfindlichkeit besteht, ist bei höheren Pegeln (z.B. 70 dB) die empfundene Lautstärke auf der operierten Seite größer (siehe Fall 2 und 14). Ein solches Verhalten (Rekruitment) müßte auf einer erheblichen Nichtlinearität des Übertragungssystems beruhen.

Wenn es durch den künstlichen Stapes tatsächlich zu einer stärkeren Erregung des Innenohres kommt, so müßte sich dieser Effekt bei der Verdeckungsmessung demonstrieren lassen. D. h., wenn auf der operierten Seite 70 dB bei 500 Hz ebenso laut empfunden werden wie 100 dB auf der nicht-operierten, und wenn dies der Stimulation des Ohres entsprechen würde, so müßten die Mithörschwellen auf dem operierten Ohr bei höheren Werten verlaufen und somit eine verbreiterte Verdeckung anzeigen. Dies scheint bei den Fällen 2 und 14 tatsächlich so zu sein. Bei den übrigen Patienten war das Rekruitment nicht so deutlich, und damit der erhöhte Verdeckungseffekt nicht so ausgeprägt.

Es berichteten jedoch auch solche Patienten über eine starke Phonophobie, bei welchen die oben beschriebenen verstärkten Verdeckungseffekte nicht nachgewiesen werden konnten. Eine nähere Analyse der Phonophobie zeigte, daß die empfundene Lautstärke auf beiden Seiten praktisch gleich war. Lediglich auf dem operierten Ohr war der Schallreiz "unangenehm, schmerzhaft". Es wäre denkbar, daß in solchen Fällen eine mechanische Empfindlichkeit auftritt, d. h., daß der Patient die mechanische Bewegung in der noch nicht verheilten Wunde als schmerzhaft und unangenehm empfindet.

Ein weiterer Umstand, welcher die Erklärung der Phonophobie erschwert ist die Tatsache, daß das Phänomen der unangenehmen Lautstärkeempfindung nach einigen Monaten verschwindet. Der Patient hat sich an die Situation gewöhnt. Es ist oft vermutet worden, daß hier ein zentraler Gewöhnungseffekt vorliegt. Das Innenohr war möglicherweise jahrelang, bedingt durch

den Schalleitungsverlust, nur mittleren Lautstärken ausgesetzt. Der plötzliche Zuwachs an Lautstärke, so glauben einige Autoren, wird dann natürlicherweise als unangenehm registriert. Diese Deutung widerspricht jedoch der Tatsache, daß z.B. das Tragen eines Hörgerätes, welches das Innenohr mit einer mindestens ebenso großen Lautstärke erregt, nicht annähernd so lästig empfunden wird, wie der Zustand nach Stapedektomie. Daß die unangenehme Empfindung nach einiger Zeit verschwindet ist wohl eher darauf zurückzuführen, daß das Transplantat im ovalen Fenster vernarbt, steifer wird, an Elastizität einbüßt und so eher die Eigenschaften des natürlichen Stapes nachahmt.
Daß die Phonophobie meistens auf den niederen Frequenzbereich beschränkt ist liegt wohl daran, daß nach Stapedektomie die höheren Frequenzen von einem gewissen Hörverlust betroffen sind und so das Ohr in diesem Bereich weniger empfindlich ist. Diese Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen von Cancura (1976) und Ferris (1965 und 1967).
Die hier durchgeführten Messungen zur Frequenzunterschiedsschwelle ergaben keinen Hinweis auf ein verändertes Frequenzselektionsvermögen nach Stapedektomie. Die gewonnenen Resultate streuen unsystematisch, und es war nicht möglich, hier eine Korrelation zwischen Rekruitment, Verdekkung und Frequenzunterschiedsschwelle zu finden. Dies spricht dafür, daß zumindest im Bereich bis 1 kHz, in welchem gemessen wurde, eine Steigerung des Frequenzunterscheidungsvermögens durch die Steigbügelbewegung nicht stattfindet.

Zusammenfassend kann folgendes gesagt werden: wie nicht anders zu erwarten, zeigen die Ergebnisse ein sehr uneinheitliches Bild. Jeder Fall ist besonders gelagert und muß für sich betrachtet werden. Unter den 21 untersuchten Fällen befanden sich 2 Patienten mit starker Phonophobie, bei welchen ein Rekruitment und ein erhöhter Verdeckungseffekt gemessen werden konnte. Dieser Effekt war offensichtlich auf eine starke Nichtlinearität des mechanischen Systems zurückzuführen. Hier war der künstliche Stapes zwar in der Lage den Schall an das Innenohr zu übertragen, das komplizierte Schwingungsverhalten des natürlichen Stapes bei hohen Schallpegeln jedoch konnte von der Prothese nicht nachgeahmt werden. Bei den übrigen Patienten, bei welchen eine Phonophobie auftrat, war deren Ursache sehr wahrscheinlich nicht die akustische Wahrnehmung, sondern

ein mechanischer Effekt. Vor allem tiefe Frequenzen waren davon betroffen. Ein verändertes Frequenzunterscheidungsvermögen als Folge eines veränderten Schwingungsverhaltens des künstlichen Stapes konnte bei keinem Patienten gefunden werden.

Literaturnachweise

1. Borg, E. (1968) A quantitative study of the effect of the acustic stapedius reflex on sound transmission through the middle ear of man.
Acta Otolaryngol. (Stockh.) 66, 461.

2. Borg, E. Zakrisson, J.-E. Stapedius reflex and monaural masking.
Acta Otolaryngol. 78 : 155 - 161, 1974.

3. Cancura, W. Schwingungsmessungen an verschiedenen Steigbügelprothesen.
Acta Otolaryngol. 79 : 60 - 66, 1975.

4. Cancura, W. Ober das Schwingungsverhalten des Amboß-Steigbügelgelenkes.
Laryng. Rhinol. 55 (1976) 16 - 21.

5. Cottle, R.D., Tonndorf, J. Mechanical aspects of stapedial substitution.
Arch. Otolaryng. Vol. 83, June 1966.

6. Dahmann, H. Zur Physiologie des Hörens: experimentelle Untersuchungen über die Mechanik der Gehörknöchelchenkette, sowie über das Verhalten auf Ton- und Luftdruck.
Z. Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde 24 (1929) 462 und 27 (1930) 329.

7. Ferris, K. 1965. On the temporary effect of industrial noise on the hearing at 4000 c/s of stapedectomized ears.
J. Laryngol. Otol. 79, 881.

8. Ferris, K. 1967. A further study on the temporary effect of industrial noise on the hearing of stapedectomized ears at 4000 c.p.s.
J. Laryngol. Otol. 81, 613.

9. Jepsen, O. 1955. Studies on the acoustic stapediusreflex in man. Universitetsforlaget i Aarhus, Denmark.

10. Liden, G., Nordlund, B., Hawkins, J.E. Significance of the stapedius reflex for the understanding of speech. Acta Oto-Laryng. (Stockh.) Suppl. 188, 275 (1964).

11. Martin, G., Beck, Chl. Untersuchungen über die Unbehaglichkeitsschwelle des stapedektomierten Ohres. Arch. Oto-Rhino-Laryng. 209, 107 - 111 (1975).

12. Mathisen, H. Phonophobia after stapedectomy. Acta Otolaryngol. (Stockh.) 68: 73 - 77, 1969.

13. Mc Candless, G.A., Goering, D.M. Changes in loudness after stapedectomy. Arch. Otolaryngol. Vol. 100 Nov. 1974.

14. Melnick, W. 1968. Loudness poststapedectomy. Ann. Otol. 77, 305.

15. Meuser, W. Schalleitungsschwerhörigkeit durch verknöcherte Stapediussehen. Laryng. Rhinol. 56 (1977) 12 - 13.

16. Perekalin, W.E. Über die Funktion des M.Stapedius. Z. Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde 8, 472 (1924).

17. Perlmann, H.B. Hyperacusis Annals of Otology, Rhinology and Laryngology 47: 947 (1938).

18. Petrova, L.N., Rozenblyum, A.S. Examination of auditory sensitivity to low increase in intensity in patients with otosclerosis before and after stapedoplasty. Vestnik OtoRhinoLaringol. (USSR) 35, 73 - 6 Jan-Feb 73.

19. Sesterhenn, G., Breuninger, H. On the influence of the middle ear muscles upon changes in sound transmission.
Arch. Otorhinolaryngol. 221, 47 - 60 (1978).

20. Steffen, T.N., Nixon, J.C., Glorig, A. 1963
Stapedectomy and noise.
Larngoscope 73, 1044.

21. Tschiassny, K. 1949 Stapedioparalytic phonophobia ("hyperacusis") in a deaf ear.
Laryngoscope 59, 886.

22. Wanderer, E. Die Drehbewegung der Steigbügelfußplatte.
Z. Laryngol.Rhinol. 32 (1953) 158.

23. Zakrisson, J.E. The role of the stapediusreflex in poststimulatory auditory fatigue.
Acta Otolaryngol. 79, 1 - 10, 1975.

24. Zakrisson, J.E., Borg, E., Diamant, H., Moller, A.R.
Auditory fatigue in patients with stapedius muscle paralysis.
Acta Otolaryngol. 79, 228 - 232, 1975.

Herrn Prof.Dr.med. H. Breuninger danke ich für die Überlassung des Themas sowie für die freundliche Unterstützung.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Ing. G. Sesterhenn für seine stete Hilfsbereitschaft zur Förderung der vorliegenden Arbeit.

LEBENSLAUF

Am 11.11.1951 wurde ich, Herbert Lunin, als Sohn des Kraftfahrers Arthur Lunin und seiner Ehefrau Aloisia, geborene Schneider, in Esslingen a.N. geboren.

Von 1958 bis 1962 besuchte ich die Grundschule in Ostfildern-Nellingen. Danach wechselte ich an die Realschule Esslingen-Zollberg über, die ich 1967 mit dem Zeugnis der mittleren Reife abschloß.

Vom 01.09.1967 bis zum 31.03.1972 war ich als Beamter des mittleren Dienstes in der Steuerverwaltung des Landes Baden-Württemberg tätig, zuletzt als Steuerassistent beim Finanzamt Stuttgart III.
Am 27.6.1973 legte ich die Reifeprüfung für Externe ab.

Nachdem ich ein Semester im Lehramts-Studiengang Biologie/Chemie an der Universität Ulm eingeschrieben war, erhielt ich zum Sommersemester 1974 meinen Studienplatz im Fach Zahnheilkunde an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen.

Dort legte ich am 25. März 1975 die naturwissenschaftliche und am 12. Oktober 1976 die zahnärztliche Vorprüfung ab, das Staatsexamen bestand ich zum 18. Dezember 1979.